H. Nat.
424
p

H. nat. 424 f. Simon

Die Sexualität

und ihre Erscheinungsweisen in der Natur.

Versuch einer kritischen Erklärung.

Inaugural-Dissertation

der philosophischen Facultät der Universität Jena

zur Erlangung der Doctorwürde

vorgelegt

von

Ferdinand Simon.

Breslau 1883.

Druck von Brehmer & Minuth.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Inhalt.

Seite

I. Die chemisch-physikalische Begreifung der organischen Individualität . . . 1

II. Die Sexualität:

a) Geschichte und Kritik 8

b) Entstehung der Sexualität 15

c) Ausbildung der Sexualität 41

III. Hermaphroditismus und Gonochorismus 53

IV. Parthenogenesis 67

V. Literatur 76

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

I.

Die chemisch-physikalische Begreifung der organischen Individualität.

Die Biologie, die Wissenschaft vom Leben, hat mehr denn zwei Jahrtausende ihres Bestehens zugebracht, ohne den eigentlichen Gegenstand ihres Forschens, das Leben, als solchen erkannt und eine Ergründung desselben versucht zu haben. Während dieser langen Zeit unter der väterlichen Autorität des Aristoteles stehend, beschäftigte sie sich im günstigsten Falle nur damit, die Lebensäusserungen in ihren auffallendsten Erscheinungsformen zu beobachten und darzustellen, denn das Leben selbst, dieses ewig sich wandelnde Etwas, schien für immer über jedem Zwange des Causalgesetzes, der Nothwendigkeit zu stehen. Was Wunder, dass man, von vornherein auf jede mechanische Erklärung verzichtend, als Ursache jenes räthselhaften Spiels eine von einem ganz besonderen Nimbus umstrahlte Kraft setzte, die sich nicht den Gesetzen der übrigen mechanischen Kräfte fügte. Erst als in unserem Jahrhundert die Aufstellung der Zellentheorie durch Schleiden und Schwann das Fundament zur mechanischen Begreifung des Organismus, zur Begreifung der Einheit aus der Vielheit, geliefert, und als Darwins grosse Gedankenthat die mechanische Betrachtungsweise in die Biologie eingeführt, konnte man daran gehen das Leben mit seinen Erscheinungen als Ausfluss eines zwar sehr complicirten, doch den Gesetzen der Physik und Chemie unterworfenen Kräftesystems aufzufassen.

Es soll nun in diesem Capitel unsere Aufgabe sein kritisch an den heutigen Lebenstheorien zu zeigen, in wieweit wir uns mit Hilfe ihrer die Aeusserungen des Lebens begreiflich vorstellen können, und

welche derselben etwa bis jetzt jedem Erklärungsversuch trotzen, um dadurch die Stellung zu erkennen, welche das hier besonders zu berücksichtigende Lebensphaenomen, die Fortpflanzung, zu diesen Versuchen einnimmt, und so eine möglichst kritische Fassung ihres Wesens zu gewinnen. Zu diesem Zweck wählen wir die wohl am weitesten ausgebaute und allgemein anerkannte Nägelische Micellartheorie und nehmen, um sie auf ihre Tragweite zu prüfen, denselben Weg, den Haeckel in so präciser Weise in seiner Generellen Morphologie einschlug, als er seine der Nägelischen wesentlich gleiche Theorie vom Leben entwickelte. Dieser Weg der Vergleichung des anorganischen Individuums, des Krystalls, mit dem organischen ermöglicht vor allem eine scharfe Herausstellung der Eigenthümlichkeiten des Lebens, an denen dann der Reihe nach die Erklärungsfähigkeit der Theorie geprüft werden kann.

Jedes von beiden, das anorganische und organische Individuum, ist ein räumlich und zeitlich geschlossenes Ganze von gesetzmässig bestimmter Gestalt. Die Gestalt des Krystalls ist genau bestimmt durch die chemische Beschaffenheit seiner Materie. Man muss daher annehmen, dass die kleinsten Theile (Moleküle), die ihn zusammensetzen, nach den verschiedenen Richtungen bestimmte Anziehungskräfte auf die umgebenden Theilchen äussern, und dass die Stärke jener Kräfte in jeder Richtung für jedes Element und jede Verbindung specifisch ist.

Auch die Physiologie setzt heut für jede Species ein chemisch von anderen differentes Plasma, fasst also auch die kleinsten Theilchen als formbestimmend auf. Nur ist die Zusammensetzung des organischen Individuums etwas complicirter als die des Krystalls. Wir stellen sie hier nach Nägeli dar (1). Die organisirte Substanz ist nach ihm stets ein Gemenge zweier chemisch differenter Substanzen, also zunächst nicht bloss e i n e chemische Verbindung wie der Krystall. Diese Substanzen sind nicht einfach in ihren kleinsten Theilen zu einem Ganzen geordnet, sondern zunächst treten die Moleküle jeder Substanz für sich zu krystallähnlichen Aggregaten zusammen. Diese Molekülcomplexe, je nach der chemischen Natur ihrer Theile verschieden gebaut wie die Krystalle verschiedener Substanzen, sind alle nach ihrem Verhalten gegen polarisirtes Licht stets als optisch zweiaxige Krystalle zu denken und heissen Micellen. Sie werden von einander dauernd durch eine grössere oder kleinere Anzahl Wassermoleküle getrennt,

die nach den äusseren physikalischen Bedingungen wie nach der Grösse der einzelnen Micellen schwankt. In festen organisirten Gebilden sind die Micellen der einen Substanz aus verschiedenen Gründen, die Nägeli anführt, als regelmässig angeordnet vorzustellen, die der andern aber, als ohne jegliche Ordnung zwischen jenen verstreut, dem Mörtel zwischen den Bausteinen zu vergleichen. Während also der Krystall allein durch die Kraft der Cohäsion, die sich immer zwischen gleichartigen Theilen äussert, zusammengehalten wird, muss man in der organisirten Materie mindestens drei verschiedene Kraftwirkungen unterscheiden. Zunächst wirkt auf dieselbe Weise wie im Krystall die Cohäsion im Organismus, indem sie die einzelnen Moleküle der doch als krystallähnlich zu denkenden Micellen aneinanderfügt. Ferner ist es auch die Cohäsion, welche immer eine Micelle an die andere ihr chemisch gleichartige bindet. Endlich ziehen noch die Micellaroberflächen die umgebenden Wassermoleküle an (Adhäsion). Je grösser die einzelne Micelle, auf eine desto grössere Wassermenge vermag sie natürlich zu wirken, desto mehr nehmen also die zwischen den Micellen gelagerten Wassermassen an Umfang zu. — Infolge dieser Structurverschiedenheit ist die Art der Aufnahme neuer Theilchen in den Organismus eine andere als die in den einfachen Molekülverband des Krystalls. Bei letzterem fungiren immer die zu äusserst gelegenen Moleküle als Attractionscentra auf die in der umgebenden Lösung befindlichen und lagern sie in der für die betreffende Substanz specifischen Weise an. Ganz anders im Organismus. Hier dringen fortwährend an Stelle austretender Wassermengen neue ein, welche Gase, vor allem Sauerstoff, so wie sonst die verschiedensten Substanzen gelöst enthalten. Infolge dessen tritt eine chemische Wechselwirkung zwischen der eindringenden Flüssigkeit und den Micellen ein. Viele dieser werden zersetzt, ihre Bestandtheile entfernen sich mit dem ausscheidenden Wasser, an Stelle ihrer werden neue gebildet. An andere wird neue Substanz angelagert, so dass sie gerade so wie der Krystall wachsen. Andere vordem benachbarte Micellen werden von dem anströmenden Wasser in weitere Entfernung von einander gerückt, und in die so entstandene Lücke eine neugebildete Micelle eingeschoben. Natürlich muss das Wasser, um die Cohäsion der Micellen zu überwinden, mit einer relativ bedeutenden Kraft einströmen. Die das Wasser bewegenden Kräfte sind die Verwandtschaft der Zellmembranen zu den gelösten Substanzen in der Zelle wie ausserhalb ihrer, und die

osmotische Differenz zwischen der Lösung innerhalb und der ausserhalb, die ihrerseits wieder abhängig ist von der Concentrationsdifferenz beider Flüssigkeiten sowie von ihrer chemischen Verwandtschaft. Die neugebildeten zwischen älteren Micellen eingerückten werden von ihren Nachbaren alsbald durch Cohäsion festgehalten, bis das Wasser wieder mit grösserer Kraft eindringend, eine neue Constellation herbeiführt. Neue Theilchen werden also in den Krystall mit Hilfe der Apposition, in den Organismus durch Intussusception aufgenommen. Ersterer besteht nur mit der Beharrung seiner Theile, letzterer nur im Wechsel derselben. Wir haben gesehen, alles dies ist aus Nägelis Theorie heraus physikalisch-chemisch wohl verständlich.

Wird nun in beiden Fällen die Gestalt des Individuums durch die specifischen Attractionskräfte der kleinsten Theilchen der Substanz bestimmt, so muss bei Verhinderung der Ausbildung gewisser Seiten des Individuums durch äussere Ursachen das Gleichgewicht der Kräfte nach gewisser Richtung gestört sein und sich dies auch in Wachsthumsanormalitäten kundthun, die entfernt von jenem Ort scheinbar unvermittelt auftreten, aber durch jene Störungen veranlasst sind — es sind dies die Wachsthumserscheinungen, welche als Correlation der Theile bezeichnet werden. Diese Erscheinungen zeigen sich beim Wachsthum der Krystalle wie der Organismen. Nach unserer Theorie wären wir nun berechtigt zu erwarten, dass bei jenen die Correlation sich überall und sehr intensiv bemerkbar macht, denn hier hat die Cohäsion der Moleküle so gut wie gar keinen Widerstand zu bewältigen, sie ist die fast allein wirkende Kraft. Dagegen sehen wir aber, dass die Correlation auf verhältnissmässig wenige Krystalle beschränkt ist und auch bei diesen nur für bestimmte Theile (Seitenflächen) in die Erscheinung tritt. Andererseits wird die Cohäsion der einzelnen Micellen im Organismus sehr oft von der Kraft des einströmenden Wassers compensirt, wenn nicht gar überwunden. Trotz dessen zeigt sich die Correlation überall im Organismenreich verbreitet und in jedem Organismus auf alle Theile sich mit grösster Intensität erstreckend. Dieses Verhalten des Organismus gegenüber dem Krystall könnte beinahe zur Annahme einer Centralkraft verleiten, die alle Theile auf einen Punkt beziehend, auch jene dadurch wieder enger an einander bindet. Wir sind jedoch weit davon entfernt eine solche Annahme als der Wirklichkeit entsprechend aufzustellen; sie diene uns nur zur Veranschaulichung des eigenthümlichen Verhaltens des

Organismus, da die Nägelische Theorie hierfür keine Erklärung zu geben vermag.

Für eine solche Anschauung scheint auch noch eine andere mit dem Wachsthum zusammenhängende, für uns höchst wichtige Thatsache zu zeugen. Ist der Krystall in der genügenden Menge Lösung, so ist theoretisch kein Grund abzusehen, warum er nicht immer weiter ins Unendliche wachsen solle, da die äusseren Moleküle immer wieder anziehend auf die in Lösung befindlichen wirken. Und in der That wächst auch der Krystall ohne Ende. Ebenso sollte man nach unserer Theorie das Gleiche vom Organismus erwarten. Denn jede neu erzeugte an ihren Ort eingerückte Micelle wird, ebenso wie im Krystall jedes neu hinzukommende Molekül, durch Cohäsion an die benachbarten Micellen augenblicks gefesselt; wir hätten also theoretisch für den Organismus ebenfalls ein Wachsthum ohne Grenzen zu postuliren. Dem ist aber in Wirklichkeit nicht so. Hat vielmehr das Individuum ein bestimmtes Maass, das für jede Art specifisch ist, erreicht, so wird der Ueberschuss der aufgenommenen Materie zur Bildung eines oder mehrerer neuer Individuen verwendet: der Organismus bildet dann Tochterorganismen. Wir sehen hier das Problem der Fortpflanzung vor uns. Auch diese Thatsache kann man sich am Besten unter dem Bilde anschaulich machen, dass im Organismus eine von einem Punkt aus wirkende Centralkraft vorhanden sei, die wie jede von einem Ort nach allen Richtungen wirkende Anziehungskraft mit der zunehmenden Entfernung der Theile von diesem in bestimmtem Verhältniss ihrer Wirkung auf dieselben abnimmt, bis nach Ueberschreitung eines gewissen Entfernungsmaximums die Wirkung anderer Kräfte auf die Theile stärker wird, und der Organismus zerfällt.

In diesen beiden letzten Erscheinungen zeigt sich gerade ein Hauptcharakteristicum des Organismus gegenüber dem Krystall, die geschlossenere intensivere Einheit, die gerade darum ihre Grenze hat, während der Krystall ein weit weniger einheitliches Ganze, deshalb auch sein Wachsthum ohne Grenzen ist. Jene engere Einheit ist es, welche wir mit dem Namen der organischen Individualität bezeichnen, und sie wird von der Nägelischen Theorie ungelöst gelassen.

Es hat selbstverständlich nicht in unserer Absicht gelegen, und wäre auch in dieser kurzen Betrachtung und rein theoretischen Behandlung unmöglich gewesen, eine erschöpfende Kritik der Micellartheorie zu geben. Es sollte nur klargelegt werden, in wieweit das

Räthsel der Fortpflanzung und das noch umfassendere in diesem steckende Räthsel der organischen Individualität durch jene seine Lösung findet, um an der Hand dieser Betrachtung eine möglichst kritische Fassung des Begriffes der Fortpflanzung zu gewinnen. Und haben wir auch gesehen, dass diesem Problem von der Theorie nicht genügt wird, so bleibt doch ihr hoher Werth unangetastet. Denn wir können heut keine vollkommenere Ansicht über den Lebensprocess uns bilden; sie bezeichnet den Standpunkt unseres gegenwärtigen Wissens.

So bleibt uns eine mechanische Begreifung der Fortpflanzung für heut noch versagt. Wir müssen nun wenigstens suchen eine möglichst kritische Auffassung von ihr zu erlangen, also eine Fassung, in der einerseits scharf das mechanisch einigermassen Einsehbare des Phänomens herauszustellen sein wird, andererseits ebenso klar das Problematische desselben zu erkennen sein muss. Nach der wissenschaftlichen Maxime alles aus möglichst wenigen Principien heraus zu erklären wird die vollkommenste Fassung diejenige sein, welche das Erkennbare wie das Unerkennbare dieser Lebensäusserung unter die allgemeinsten Erscheinungsreihen bringt. Schon vor langer Zeit hat Haeckel dies in einer Weise gethan; die allen diesen Anforderungen Genüge leistet so dass wir seine Fassung nur anzuführen und zu unserer eigenen zu machen haben.*) Nach ihm ist „die Fortpflanzung eine Ernährung und ein Wachsthum des Organismus über das individuelle Maass hinaus, welche einen Theil desselben zum Ganzen erhebt“ (2). In dieser Begriffsbestimmung sind das Wachsthum und das individuelle Maass die beiden erklärenden Hauptfactoren; das Wachsthum vermögen wir uns mit Hilfe unserer Theorie als chemisch-physikalischen Process anschaulich vorzustellen, während das individuelle Maass das Problem der organischen Individualität einschliesst; also ist dem kritischen Bewusstsein, unter Voraussetzung dessen allein diese Fassung zu Recht besteht, das Einsehbare des Phänomens von dem Problematischen streng geschieden und sind beide Seiten gleich scharf präcisirt. Ungeachtet nun jene Haeckelsche Bestimmung der Fortpflanzung in ihrer Allgemeingültigkeit von manchen Seiten bezweifelt worden ist, so halten wir doch eine inductive Begründung derselben an diesem Ort um so mehr für überflüssig, als

*) Anmerk. Schon vorher gab Baer eine Fassung der Fortpflanzung, mit der die Haeckelsche im Wesen übereinstimmt.

unsere ganze Arbeit ein indirekter Beweis für sie ist, der ihre Fruchtbarkeit in ihrer Anwendung zu zeigen und ebenso die Unfruchtbarkeit der gegen sie gerichteten Angriffe darzuthun bestimmt ist. Denn wenn wir uns im nächsten Capitel unserer Hauptaufgabe zuwenden, dem Versuch einer ursächlichen Erklärung der Sexualität, die doch nur eine Begleiterscheinung der Fortpflanzung ist, so müssen wir natürlich auf jener Fassung fussen. Wir müssen daher auch das in dieser enthaltene x der organischen Individualität in unsere Rechnung aufnehmen, und je deutlicher wir uns desselben als eines vorläufig unlösbaren Factors stets bewusst bleiben, um so mehr bleiben wir auf dem sicheren Grund und Boden der Realität, wenn auch die Umgehung und Versteckung jenes Räthsels scheinbar glänzendere Resultate liefert als die Beschränkung auf das heut Erkennbare.

Nachdem wir also die Stellung unseres Problems zu den Grundproblemen der Wissenschaft erläutert haben, können wir mit grösserer Sicherheit eine möglichst mechanische Lösung desselben anstreben.

II.

Die Sexualität.

a. Geschichte und Kritik.

Ehe wir an die Darstellung unseres eigenen Erklärungsversuches der Sexualität gehen, wird es angezeigt sein, einen kurzen historisch-kritischen Ueberblick über derartige schon vorhandene Bestrebungen zu halten. Es liegt uns fern auch nur den leisesten Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben; nicht die Absicht eine genaue Geschichte dieser Theorien zu geben leitet uns hier. Der Zweck, den wir verfolgen, ist erstlich der, zu zeigen, besonders an dem Mangel eines grossen Forschungsprincips in allen diesen Theorien, dass ein neuer Erklärungsversuch mindestens nicht überflüssig ist. Dann aber ist es die alte Wahrheit, dass das Licht, mit dem wir fremde Standpunkte beleuchten, concentrirt auf den eigenen zurückgeworfen wird, welche uns bewegt diesen historisch-kritischen Abriss voranzuschicken. Dieser doppelten Absicht genügt aber die Darstellung und Prüfung der hauptsächlichsten Versuche der neuesten Zeit, weshalb wir uns auf diese auch beschränken.

So lange uns die Welt der niederen Organismen wegen der Unvollkommenheit der optischen Hilfsmittel verschlossen blieb, konnte unsere Gesammtansicht über Natur und Bedeutung des Organismus im allgemeinen nur aus den Erfahrungen, die an höher stehenden Lebewesen gewonnen waren, construirt werden. Diesen Verhältnissen gemäss wird sich, wie jede andere biologische Anschauung, auch die über das Wesen der Sexualität gestaltet haben.

Als nun in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts mit Hilfe des verbesserten Mikroskops ein ungeahnter Reichthum neuer Formen besonders durch die Ehrenbergschen Untersuchungen erschlossen wurde, war die Macht mehrtausendjähriger Ueberzeugung so stark, dass man

bekanntlich jenen einfachen Organismen die complicirte Organisation der höheren Lebewesen aufzwingen wollte, bis endlich, hier wie überall, die Gewalt der Thatsachen dem Zwange unzulänglicher theoretischer Anschauungen gegenüber sich ihr Recht verschaffte. Merkwürdiger Weise aber blieb von dieser Berichtigung unserer Auffassung des Organismus im Ganzen die frühere Ansicht von der Sexualität noch längere Zeit unberührt, sogar bis zu diesem Tage hat sie sich, wie wir sehen werden, zum grossen Theil in jener Form erhalten, die aus einer unvollkommenen Kenntniss der ganzen Organismenwelt ursprünglich stammend, nur dadurch bestehen bleiben konnte, dass auf künstliche dogmatische Weise die bei der Betrachtung der höheren Lebewesen gewonnenen Gesichtspunkte in die Beurtheilung der niederen hereingetragen wurden.

Welche Ansicht über die Sexualität nun konnte sich nur bei alleiniger Berücksichtigung des höheren thierischen und pflanzlichen Körpers bilden? Wir vermögen schon a priori darauf zu schliessen. Ueberall in der Reihe der höher differenzirten Organismen tritt uns die Sexualität schon in ihrer vollen Ausbildung entgegen, überall, mögen alle übrigen Verhältnisse im anatomischen Bau noch so sehr variiren, begegnen wir dem befruchtungsbedürftigen Ei und dem befruchtenden Sperma. Was liegt nun näher als diesen scheinbar durch die ganze Lebewelt sich hindurchziehenden Gegensatz in das Wesen des Lebens selbst zu versetzen, ihn als einen fundamentalen, aus dem Leben selbst direct fliessenden zu betrachten? Diese Versuchung war und ist trotz unserer jetzigen Kenntniss der niederen Formenwelt so gross, dass selbst heut bedeutende Biologen wie Huxley jener Ueberzeugung sich nicht entschlagen können.

Ist nun heut das Bestreben der Biologie darauf gerichtet das Leben physikalisch-chemisch zu begreifen, so war von je schon ein dunkler Trieb in unserer Wissenschaft thätig bei Erklärungsversuchen gewisser Lebensphänomene Principien anzuwenden, die, wenn auch nur formal, an die Gesetze der exacten Naturforschung erinnerten. Daher darf es uns nicht Wunder nehmen, dass man für jenen Schein des Gegensatzes der beiderlei Sexualelemente in der Physik und Chemie nach Analogien suchte und natürlich, zwar äusserliche nur, auch bald fand. Augenblicklich bemächtigte man sich der physikalischen Theorie vom polaren Gegensatz des Positiven und Negativen, die in der Lehre vom Magnetismus und der Electricität so vieles geleistet — man erkannte dieselbe

Theorie von der Vereinigung der polaren Gegensätze des Positiven und Negativen wieder in der Affinitätslehre der Chemie. Also beeilte man sich nun dem Vorgange der exacten Naturwissenschaft zu folgen und die Lehre vom polaren Gegensatz der Sexualelemente aufzustellen, die man sogar auch als positiv und negativ bezeichnete. So hatte man eine scheinbar exacte Erklärung, die aber überhaupt keine war: man hatte eine neue Kraft (die sexuelle Affinität) aufstellen müssen, welche die Gegensätze vereinte, anstatt sie aus den Elementarkräften heraus herzuleiten, was nöthig gewesen wäre, wollte man eine wirklich mechanische Auffassung gewinnen. Aber man begnügte sich zunächst mit dieser blossen Worterklärung und ihrem mechanischen Aussehen. Ja, der Reiz derselben war so gross, dass man sich zu den gröbsten Verirrungen ihr zulieb verleiten liess. — Nämlich zwei grosse Reihen von Beobachtungen schienen unvereinbar mit der Theorie vom polaren Gegensatz — die Beobachtungen des Hermaphroditismus und der Parthenogenese, die überdies allmälig immer mehr in ihrer Richtigkeit bestätigt werden mussten. Es war nicht einzusehen, wie die polaren Gegensätze der beiden Sexualproducte auf demselben Organismus vereint sein konnten, so dass derselbe der Verbindung mit einem „negativen" Objecte nicht bedurfte, um einen neuen Organismus zu erzeugen. Ebenso wenig, ja noch weniger eigentlich, war es nach der Theorie erklärlich, wie ein Ei auch unbefruchtet sich zum vollkommenen Thier entwickeln konnte, trotzdem seltsamer Weise diese letztere, der Theorie am empfindlichsten ins Gesicht schlagende Thatsache sehr wenig berücksichtigt wurde — vielleicht weil die betreffenden Beobachtungen (Huberts Untersuchungen wurden 1814 veröffentlicht) noch keine oder wenige Bestätigung erfahren hatten, und sie allen bisherigen Anschauungen so vollkommen widersprachen. Den ersten Einwurf der Existenz des Hermaphroditismus fühlte man aber doch sehr drückend, und so ging aus der Absicht, die Theorie des polaren Gegensatzes ihm gegenüber zu retten, das bekannte Steenstrupsche Buch „über das Vorkommen des Hermaphroditismus in der Natur" hervor, worin der Verfasser alle diesbezüglichen Beobachtungen zu widerlegen oder mit der Theorie zu versöhnen suchte und natürlich zu den gröbsten Gewaltthätigkeiten gegen die Wirklichkeit seine Zuflucht nehmen musste.

Aber schon wenige Jahre darauf regten sich die Verfechter der Rechte der Natur, und vor allen wies Leuckart (3) auf das Unzureichende der Theorie gegenüber den oben angeführten Thatsachen hin,

indem er zugleich die verschiedene Form und Function der beiden Zeugungsstoffe als eine Differenzirung wie jede andere erklärte. Trotz dessen aber und trotz der grossen Menge neuer Untersuchungen über Hermaphroditismus, Parthenogenese sowie über die niedere Organismenwelt, die allmälig zu einem Verständniss derselben führten, behielt die Theorie des polaren Gegensatzes eine ziemlich grosse Schaar von Anhängern, welche dieselbe immer nur in ein neues dem Fortschritt der Wissenschaft entsprechendes Gewand zu hüllen suchten. Als der letzte grössere Versuch die Theorie auf solche Weise lebensfähig zu erhalten, kann wohl der E. van Benedens gelten (4). Auf Grund seiner Untersuchungen an Hydractinia echinata war er zu der Ueberzeugung gelangt, dass das weibliche Element, das Ei, aus dem Entoblast, das männliche, das Sperma, aus dem Ectoblast sich entwickele. Diese Beobachtung auf alle Metazoen verallgemeinernd, sprach er nun das Entoblast durchgehends als das weibliche, das Ectoblast als das männliche Keimblatt an. Hieran knüpfte er die aus der Theorie vom polaren Gegensatz geschöpften Anschauungen, womit sich neue Aussichten für diesdlbe zu eröffnen schienen, denn nun war der Einwurf des Hermaphroditismus ein für allemal beseitigt. Der Organismus konnte einer geladenen Leydener Flasche verglichen werden, deren innere Wand positiv, deren äussere negativ war. Er selbst stellt am Ende seiner oben citirten Abhandlung einen Vergleich der sexuellen Elemente mit den chemischen an: „La fécondation consiste dans l'union d'un oeuf, produit de l'endoderme avec un certain nombre de spermatozoïdes produits de l'ectoderme, cet acte n'a d'autre but que de rassembler des éléments chemiques de polarité opposée . . .“ und: „L'individualité nouvelle se trouve réalisée au moment où l'union entre les éléments de polarité opposée s'opère, absolument comme la molécule d'eau se forme par l'union des atomes d'hydrogène et de l'atome d'oxygène.“ — Dass die Theorie auch in dieser Fassung eine blosse Worterklärung bleibt, ist leicht einzusehen und nach der oben bereits gegebenen Kritik nicht weiter zu erweisen nöthig, ganz abgesehen davon, dass auch so die Parthenogenese ebenso wenig wie früher mit dieser Anschauung zu vereinen ist. Auch entzogen die mit vielem Fleiss allerorts fortgesetzten embryologischen Untersuchungen sehr bald der Theorie in ihrer neuen Fassung allen realen Grund und Boden, denn es zeigte sich, dass die Annahme der gleichen Abstammung der Geschlechtsproducte durch die ganze Thier-

reihe hindurch keineswegs gerechtfertigt war, sondern es ist sogar ganz sicher, dass in den weitaus meisten Fällen beide Sexualstoffe aus einem Keimblatt hervorgehen (5).

Neben der Theorie vom polaren Gegensatz der Geschlechtselemente die hauptsächlich von Zoologen aufgestellt worden war, bildete sich, zumeist in der Botanik, die Verjüngungstheorie heraus. Eine meisterhafte Darstellung, die von philosophischem Hauch, speciell von dem der Hegel'schen Schule, durchweht ist, besitzen wir in Alexander Brauns feinsinniger Schrift: „Betrachtungen über die Erscheinung der Verjüngung in der Natur" (6). Nach ihm ist der Befruchtungsprocess eine Verjüngung der ausgelebten Eizelle, und ich führe zur Characteristik seines Standpunktes wörtlich seinen eigenen Ausspruch über das Wesen der Verjüngung an. Er sagt: „Für den Begriff der Verjüngung ziehen wir aus den vorhergehenden Betrachtungen die Folgerung, dass das Aufgeben bereits erreichter Gestaltungen und das Zurückgehen zu neuen Anfängen, womit die Verjüngung beginnt, nur die äussere Seite des Vorgangs bezeichnen, während die wesentliche Seite desselben vielmehr eine innere Sammlung ist, gleichsam ein neues Schöpfen aus dem eigenen Lebensgrund, ein erneutes Sichbesinnen auf die specifische Aufgabe oder eine erneute Erfassung des typischen Vorbildes, welches im äusseren Organismus dargestellt werden soll. Hierdurch erhält die Verjüngung ihre bestimmte Beziehung zur Entwickelung die eben nur das im Wesen des Geschöpfes liegende, ihm innerlich Eigene in stufenweiser Vervollkommnung zur Darstellung bringen kann und soll." Wir sehen, wie sehr der Verfasser in seiner Naturbetrachtung auf einem in gewissem Sinne noch anthropomorphen Standpunkt sich befand, wie unendlich fern ihm noch eine mechanische Auffassung des Lebens lag, denn noch war ja die Zeit Darwins nicht gekommen. Wir versparen daher unsere Kritik der Theorie für seine späteren Nachfolger, die unter dem alles bewegenden Einfluss Darwins die Verjüngungslehre mechanisch zu fassen suchten. Von den neueren Vertretern derselben wählen wir hier Bütschli aus, da, wie noch zu zeigen sein wird, seine Untersuchungen am meisten dazu beigetragen haben, das Verhältniss der Protisten zu den Metazoen zu klären und so auch ein Verständniss der Sexualität anzubahnen.

Bütschlis Ansicht vom Wesen des Befruchtungsvorganges, aus seinen Untersuchungen über das befruchtete Ei erwachsen, beschränkt

sich auf den Theil der Braunschen Fassung, den dieser die äusserliche Seite des Prozesses nennt, also das Aufgeben alter Gestaltungen und das Zurückgehen zu neuen Anfängen (7). Bütschli fand nämlich bei seinen Untersuchungen über die Vorgänge am befruchteten Ei, dass das Keimbläschen in Gestalt der sogenannten Richtungskörper ausgestossen, der Furchungskern aber von der eindringenden Spermazelle geliefert werde, was bekanntlich dann dahin berichtigt wurde, dass nur ein Theil des primären Eikerns ausgestossen wird, ein anderer aber in die Bildung des Furchungskernes eingeht.

Aehnliches beobachtete er bei der Conjugation der ciliaten Infusorien, wo der alte Nucleus zum Theil ausgestossen, das zurückgebliebene Bruchstück aber mit einem Tochterproduct des wahrscheinlich aus dem andern Individuum stammenden Nucleolus zum neuen Nucleus verbunden wird. Nun behauptet er die Verbreitung dieses Vorganges durch das ganze Protistenreich, wo nur immer Conjugation und Copulation anzutreffen ist. Es erhellt daraus, dass er von vornherein auf eine Erklärung der Sexualität aus ihrer Entwicklung heraus verzichten muss. Sehen wir zu, welche Erkenntniss vom Wesen des Befruchtungsvorganges und somit auch der Sexualität uns seine Theorie liefert.

Entkleiden wir zunächst den augenscheinlich doch der höheren Organismenwelt entnommenen Verjüngungsbegriff aller in Folge seiner Herkunft ihm anhaftenden Nebenvorstellungen bis auf den bereits angeführten, ihm von Bütschli selbst zugeschriebenen Inhalt, und suchen wir denselben rein physiologisch zu fassen. Als was für einen Process haben wir nun diesen Vorgang zu betrachten, der einerseits in dem Verfall und der Ausstossung organisirter Gebilde des Organismus, andererseits in dem Aufbau neuer zum grossen Theil aus fremder Materie besteht? Die Ausscheidung desorganisirter Substanz und die Organisirung neuer Theile an Stelle der alten aus anderer vom Organismus aufgenommener Materie gehört physiologisch nirgends anders hin, als unter den Begriff des Stoffwechsels. Er unterscheidet sich in nichts von den Stoffwechselprocessen jedes andern Organismus, und ist ebenso wie diese unbedingt nothwending, um das Wachsthum des Organismus, hier der Eizelle zu ermöglichen, denn dieses ist, wie wir im I. Capitel sahen, der eine Theil des Wesens der Fortpflanzung. Es ist daher Bütschlis unbestrittenes Verdienst, die Art des Stoffwechsels bei der Befruchtung gefunden zu haben, speciell die Rolle des Nucleus als des Trägers des Stoffumsatzes entdeckt und so ein neues

Licht auf dessen Bedeutung und Function geworfen zu haben. Würde er nun mit unbefangenem Auge nach der Bedeutung der Fortpflanzuug durch die ganze Lebewelt gesucht haben, so wäre er entschieden zu Haeckels Fassung gelangt, und er hätte dann nach seinen Beobachtungen die Befruchtung als Herbeiführung eines Stoffwechsels der Eizelle, die Sexualität also als eine Einrichtung zur Ermöglichung des Wachsthums derselben, also auch zur Ermöglichung der Fortpflanzung gedeutet. Nun aber leugnet er auf Grund seiner Untersuchungen für die Infusorien die Gültigkeit der Bestimmung der Fortpflanzung als Wachsthum über das individuelle Maass, indem er behauptet, ein solches Maximum existire für diese Organismen nicht. Welchen erklärenden Werth hat nun noch seine Verjüngungslehre? Wo ist nun der Causalnexus zwischen der theilweisen Ausstossung des Keimblättchens, wie dem Wiederaufbau des Eikerns aus neuer Materie einerseits und der Furchung des Eies andererseits zu finden? — Und doch konnte der Glaube an die Erklärungsfähigkeit dieser so gefassten Befruchtungstheorie entstehen und fortbestehen. Es ist das nur verständlich aus den sich mit dem Verjüngungsbegriff unwillkürlich zugleich einschleichenden Nebenvorstellungen, die der Betrachtung der höheren Organismenwelt entlehnt sind. Ein junges Thier, eine junge Pflanze besteht aus noch wenig differenzirten, sehr wachsthums- und theilungsfähigen Zellen. Soll daher eine Zelle eines älteren Organismus, das Ei, die an sich selbst wegen ihrer höheren Differenzirung sich nicht fortpflanzen kann, dazu befähigt werden, so muss sie auf den Zustand jener jugendlichen Zellen gebracht, sie muss „verjüngt“ werden. Dies geschieht, wie Bütschlis Beobachtungen des Eingehenderen gezeigt, durch das Aufgeben alter und Schaffen neuer Bildungen — hier speciell des Nucleus. Bei dieser Erklärung, die bis jetzt ganz tadellos ausschaut, wird aber ein Umstand vergessen, dass nämlich unerklärt gelassen ist, wie die jugendlichen Zellen selbst theilungsfähig geworden sind. Sie sind es doch nur eben als solche junge Zellen, d. h. als Zellen, die vor nicht langer Zeit als Derivate des Eies aus der Furchung hervorgingen und daher die Natur ihrer Mutterzelle, des Eies, noch möglichst unverändert bewahrt haben. Dieses aber war theilungsfähig allein, weil es befruchtet war, daher sind es die jungen Zellen auch nur aus dieser Ursache — wir sehen, die ganze Scheinerklärung bewegt sich im Zirkel.

b. Entstehung der Sexualität.

Wir brechen unsere historisch-kritische Uebersicht hier ab, da wir unser Ziel erreicht glauben. Wir haben gesehen, dass allen diesen Theorien ein grosses Forschungsprincip fehlt, das Princip der Entwickelung, das seit Darwin eingeführt, täglich auf neue Gebiete angewandt, auch täglich sich von neuem fruchtbar erweist. Wir stehen nicht an, auch dem vorliegenden Problem uns auf der bisher unbetretenen Bahn der genetischen Erklärung zu nähern, obgleich wir uns deutlich bewusst sind, dass gerade hier grössere Schwierigkeiten als sonst ihrem ersten Betreten entgegenstehen, und wir daher keineswegs uns anmaassen, eine auch nur annähernd vollständige Lösung erzielt zu haben, die späteren vorbehalten bleibt, sobald erst in dieser Richtung, in dieser Idee die nöthigen Beobachtungen gemacht sein werden. Es handelt heut sich darum, das vorhandene Material auf einen Punkt zu sammeln, den Weg anzudeuten, den die Entwickelung der Sexualität eingeschlagen, der durch kommende Untersuchungen erst völlig blossgelegt werden kann und wird.

Eine Entwickelungsgeschichte der Sexualität, dieser Erscheinung, die gleichermaassen im Thierreich wie im Pflanzenreich auftritt, wird natürlich nur mit Berücksichtigung dieser beiden grossen Organismenreihen gegeben werden können, will man anders den letzten dabei ins Auge zu fassenden Zweck erreichen, wozu die Entwickelungsgeschichte auch nur Mittel ist, nämlich einen Einblick in das wahre Wesen des Phänomens. Um aber vollständig dessen Genese zu überschauen, müssen wir zu seinen ersten Anfängen, also auch zu denen des thierischen und pflanzlichen Körpers hinabsteigen, wir müssen daher vor allem auch das Protistenreich in den Kreis unserer Betrachtung ziehen.

Unsere erste Aufgabe ist nun eine möglichst ununterbrochene Stufenreihe zu suchen, die von der vollen Ausbildung der Sexualität allmälig und sicher zu einfachsten aus der Natur des Organismus heraus erkennbar folgenden, ursprünglichen Einrichtungen hinableitet. Das Thierreich kann uns eine solche continuirliche Entwickelungsreihe nicht bieten, denn die niedrigsten Metazoen, die Gastraeaden und Spongien, weisen bekanntlich schon eine völlig entwickelte Sexualität auf, und zwischen ihnen und den in der Stufenreihe nächsten Protozoen

ist eine grosse Lücke vorhanden, die nicht weniger breit ist in Rücksicht auf die Entwickelung der Sexualität. Weit besser finden wir die Stufenreihe bei den Pflanzen erhalten, und es ist vor allem die Gruppe der Algen, welche in ihren höchsten Gliedern, den Melanophyceen, speciell den Fucaceen, eine scharf ausgeprägte sexuelle Differenzirung zeigt, während die niederste Abtheilung derselben, die Schizophyceen, jeder derartigen Einrichtung entbehren, zwischen welchen beiden Extremen sich schon heut eine ziemlich beträchtliche Menge von Uebergängen finden lässt (8). Verfolgen wir nun den Entwickelungsgang der Sexualität bei den Algen, wie er uns jetzt in den ziemlich unveränderten Nachkommen der verschiedensten Ausbildungsstufen noch vor Augen liegt.

Ganz entwickelt ist die Sexualität in der Gruppe der Fucaceen. Wir treffen hier das grosse ruhende Ei, das in besonderen Zellcomplexen, den Geschlechtsorganen, erzeugt wird und zu seiner Entwickelung der Verschmelzung mit der männlichen kleineren, auch in besonderen Geschlechtsorganen entstandenen Spermazelle bedarf. Steigen wir zum Ursprung der Sexualität hinab, so wird das nächste Stadium von den Cutleriaceen repräsentirt, welche eine bei weitem geringere Grössendifferenz beider Zeugungszellen, vor allem aber fast gar keinen Unterschied mehr in der Gestalt zeigen, welcher doch so typisch für die Geschlechtsstoffe ist und bei fast allen höheren Kryptogamen und den Metazoen auftritt. Beide Sexualproducte sind äusserlich gleichgebaute Schwärmzellen, die weibliche nur grösser als die männliche. Noch mehr verwischt ist die Verschiedenheit beider Elemente in der Abtheilung der Phaeosporeen, hier ist sogar auch der Grössenunterschied gänzlich aufgehoben, so dass beide Schwärmzellen ihrer Natur nach erst kurz vor der Befruchtung zu erkennen sind, wenn die eine, die weibliche, sich mit der nach vorn gerichteten Cilie an ein festes Substrat anheftend, in den für die Empfängniss bereiten Ruhezustand übergeht, wie es auch die grössere weibliche Schwärmzelle der Cutleriaceen thut. Dass dieses allmälige Gleichwerden in Gestalt und Grösse kein bloss äusserliches ist, beweist der Umstand, dass ausser der Entwickelung der unbefruchteten weiblichen Zelle auch beobachtet wurde, wie die männliche Zelle sich zu einer allerdings schwächlichen, aber doch vollständigen Pflanze ausbildete — der einzige bisher gefundene derartige Fall. Wir sehen also auch innerlich bei beiden Sexualelementen ein Streben zur Gleichheit, wie ja eigentlich äussere

und innere Seite gar nicht von einander zu trennen sind, eine mit der andern in der innigsten Verbindung steht. — Obwohl nun hier innerhalb der Abtheilung der Melanophyceen die Entwickelungsreihe abbricht, so sind wir doch nach dem eben Gesagten berechtigt, dieselbe weiter zu führen, sobald wir eine zweite Reihe bemerken, deren erstes Glied an das letzte jener anschliesst, und welche vor allem in ihrem Verlauf dieselbe Tendenz zur Gleichheit der Zeugungsstoffe zeigt. Eine solche stellen die Volvocineen und die Conjugaten dar, die zwar nicht die directe Fortsetzung jener bilden, deren oberstes Glied aber so ziemlich dem untersten der Melanophyceen entspricht, wenn auch die Convergenz beider Elemente hier noch nicht so weit gediehen erscheint als dort. In einer Hinsicht bezeichnet aber auch Volvox, die höchste Stufe dieser Reihen, obgleich mit äusserlich deutlich unterschiedenen Ei- und Spermazellen, einen Fortschritt gegen die Phaeosporeen, indem sämmtliche Zellen eines Individuums zu Zeugungsstoffen werden. Bei Pandorina sind die zur Zygotenbildung verschmelzenden Zellen nicht nur in ihrem Aussehen nicht zu unterscheiden, sondern auch in ihrem Verhalten bei der Copulation nicht als weibliche und männliche Zelle zu trennen. Ebenso verhalten sich fast alle einzelligen Volvocineen.

Gestützt auf die Convergenz, die sich bei Verfolgung der Entwickelungsreihe der Sexualität nach unten ergiebt, können wir für alle sexuell differenzirten Algen mindestens einen ähnlichen ursprünglichen Zustand setzen, als er uns bei den Conjugaten entgegentritt. Beschränken wir unsere Betrachtung auf die Gruppe der Zygnemaceen. Jede Zelle der Fadencolonie ist befähigt, sich mit einer andern zur Bildung einer Zygote zu vereinen. Bei der Verwandlung einer solchen gewöhnlichen Fadenzelle in die Fortpflanzungszelle findet keine andere Veränderung statt, als dass das Plasma sich von den Wänden unter Wasserausstossung zu einer Kugel contrahirt; meistens wandeln sich alle Zellen einer Colonie zur selben Zeit in Gameten um. Fast immer sind es Gameten verschiedener Colonien, die mit einander verschmelzen, wobei eine solche Zellreihe sich neben eine andere legt, so dass die Verschmelzung zwischen allen Zellen derselben nach vorhergegangener Conjugation stattfinden kann. Doch kommt auch Conjugation zwischen Zellen desselben Fadens vor (die Rhynchonemabildung bei Spirogyra). Auch können je drei Gameten mit einander copuliren, sobald nur drei Colonien neben einander zu liegen kommen.

In Bezug auf das Verhältniss der verschmelzenden Gameten zu einander in der Grösse und der Betheiligung am Copulationsprocess lassen sich drei Modi constatiren. Der erste, am wenigsten ursprüngliche, weist eine deutliche Grössendifferenz zwischen beiden auf, und dann ist auch ihr Verhalten ein verschiedenes, indem die kleinere sich zu der grösseren hinbewegt, um in deren Zellraum mit ihr zu verschmelzen. Dasselbe verschiedene Verhalten der beiden Zellen zeigt sich auch noch in Fällen, wo sie schon gleiche Grösse besitzen. Endlich ist der einfachste Modus der, welcher gleiche Grösse und gleiches Verhalten beider Gameten aufweist.

Das Verschmelzungsproduct, die Zygote, unterscheidet sich inbetreff ihrer weiteren Entwickelung in nichts von jeder anderen vegetativen Zelle, wie sie den ganzen Sommer hindurch die Colonie ausschliesslich zusammensetzen. Sobald sie im Frühjahr bei der Keimung die starke Cellulosehülle durchbricht und wächst, beginnt eine successive Zweitheilung in stets gleicher Richtung, so wie sie in allen Zellen zu beobachten ist und zur Bildung eines Zellfadens führt. — Ist eine Gamete infolge irgend welchen äusseren Umstandes von der Copulation ausgeschlossen geblieben, so umgiebt sie sich wie die Zygote nach der Verschmelzung mit einer Cellulosemembran. Nur ist bisher noch nicht eine Weiterentwickelung solcher Azygospore beobachtet worden, was im Verlauf unserer späteren genaueren Betrachtungen seine Erklärung finden wird.

W a s h i n d e r t u n s n o c h, d i e b e i d e n G a m e t e n h i e r a l s g a n z w e s e n s g l e i c h a u f z u f a s s e n, a l s z w e i i n d i f f e r e n t e Z e l l e n, d i e i n f o l g e i r g e n d e i n e s V o r t h e i l s, w e l c h e n i h r e C o p u l a t i o n d e r A r t g e w ä h r t, s i c h m i t e i n a n d e r v e r e i n e n? Es wäre nun unsere Aufgabe nachzuforschen, welcher Vortheil für die Art einen solchen zuerst doch als blosse Variation erscheinenden Vorgang zur dauernden Einrichtung machte.

Wir erachten es jedoch für nothwendig, vorerst eine genaue Begriffsbestimmung der Indifferenz zu geben, welche, wie schon jetzt ersichtlich, eine bedeutende Rolle in unserer Erklärung einnehmen wird. Es will uns nämlich dünken, dass sehr oft in diesen Begriff zu verschiedenartige Dinge zusammengefasst werden. Sowohl das Plasma der niedersten Protisten, der Moneren und Amoeben, wie das des unbefruchteten Eies der höheren Pflanzen und Thiere, wie auch das des befruchteten Eies wird sehr häufig als indifferent bezeichnet.

Das äusserlich sichtbare physikalische wie chemische Verhalten all dieser aufgeführten Plastiden mag ziemlich gleichartig sein; aber wie weit sind wir überhaupt in den chemischen Bau des Protoplasma eingedrungen? Das einzige, was uns mit grösserer Sicherheit auf die innere Structur desselben schliessen lässt, das einzige Kriterium also für eine Unterscheidung verschiedener Plasmen, sind ihre Lebensleistungen, die nach Nägelis Micellartheorie als in genauem Causalzusammenhange mit ihrem Bau stehend gedacht werden müssen. Und demnach ist als indifferentes Plasma das zu bezeichnen, welches noch keine seiner Lebensleistungen an besondere differente Theile gebunden hat, sondern welches in toto allen Functionen des Organismus vorsteht und daher auch jenen drei unter sich wieder untrennbaren Hauptfunctionen der Ernährung des Wachsthums und der Fortpflanzung. Solches Plasma allein darf indifferent genannt werden, und wir werden noch sehen, was nach dieser Fassung aus der obigen künstlichen Zusammenstellung ausgeschieden werden muss.

Nach dieser kurzen unerlässlichen Abschweifung kehren wir zu unserer Aufgabe zurück, nachzuweisen, wie die zuerst als blosse Variation aufgetretene Verschmelzung zweier indifferenter Zellen fixirt werden konnte, also solcher Zellen, die unter günstigen Bedingungen selbstständig zur Fortpflanzung hätten gelangen können. Zu diesem Behuf müssen wir auf die niedersten aller Algen, aller Pflanzen, zurückgehen, auf die Schizophyceen. Dieselben, noch ohne jede Andeutung eines der Copulation entsprechenden Vorganges, stehen trotz dessen gerade den Conjugaten nicht zu fern, sondern gleichen ihnen sogar äusserlich in mancher Rücksicht, wie in der Bildung der Fadencolonien, die den meisten Schizophyceen zukommt, mit Ausnahme der einfachsten ursprünglichsten, der Chroococcaceen. Ihres äusserst einfachen Baues wegen, der besonders bei diesen letzteren der für eine Pflanze denkbar einfachste ist, indem das ganze Individuum durch eine einzige von Cellulose umhüllte, chlorophyllhaltige Zelle repräsentirt wird, sowie wegen ihrer grossen Unempfindlichkeit gegen äussere, zumal Temperatureinflüsse sind sie jedenfalls mit Recht von F. Cohn als die ältesten aller Pflanzenformen, die wahren Urpflanzen, hingestellt worden. Auch ihr Lebenscyklus ist der möglichst einfache. Den Sommer hindurch pflanzen sich die Chroococcaceen wie die Conjugaten durch blosse

Zweitheilung fort, sistiren aber bei herannahendem Winter ihr Wachsthum, daher auch ihre Vermehrung, und jede Zelle umgiebt sich mit einer derberen Membran, in der sie den Winter überdauert. — Nachdem wir von den Eigenthümlichkeiten der Conjugaten wie der Schizophyceen und so auch von ihren Verschiedenheiten Kenntniss genommen, können wir aus der Organisationsveränderung, die, wie wir sehen, jene Nachkommen letzterer im Laufe der Generationen erlitten haben, die wirkliche Ursache folgern, welche die Copulation bei ihnen fixirte.

Infolge ihrer Widerstandsfähigkeit gegen hohe Wärmegrade vermochten also die Schizophyceen allein auf der kaum abgekühlten Erdkruste zu vegetiren. Allmälig sank jedoch die hohe Temperatur, es konnten Varietäten unter den Abkömmlingen jener Pflanzen auftreten, die empfindlicher gegen solche äussere Einflüsse waren. Mit dem Verlust der Erdwärme machte sich aber bald auf beiden Hemisphaeren der Gegensatz zwischen Winter und Sommer fühlbar, so dass während ersterer Jahreszeit die Schizophyceen, gegen niedere Temperaturen weniger resistent als gegen hohe (mit Ausnahme der Oscillariaceen), eine möglichst dichte Hülle ausscheiden mussten, um sich gegen die Kälte genügend zu schützen, und damit zugleich von ihr zur Einstellung der Lebensthätigkeit während dieser Jahreszeit gezwungen wurden. Nun ist leicht einzusehen, dass eine bestimmte Menge Plasma immer nur ein gewisses Maximum assimilirter Nährstoffe in sich aufzuspeichern vermag, und daher auch die Menge der auf einmal ausscheidbaren Cellulose eine begrenzte ist. Hat das Maximum der mit einem Male auszuscheidenden Cellulose für jedes Schizophyceenindividuum genügt, so wird es aber keinen ausreichenden Schutz jedem Individuum der empfindlicheren Nachkommen bieten können. Sollten daher diese fortbestehen, so mussten sich im Kampf ums Dasein Einrichtungen herausbilden, mit Hilfe derer eine stärkere Cellulosehülle bei einmaliger Ausscheidung entstehen konnte, als jedes beliebige Individuum durch Umwandlung der gerade aufgehäuften Nährstoffe in Cellulose und blosse Anlagerung derselben an seiner Aussenfläche zu liefern im Stande ist, wie dies dei den Schizophyceen geschieht.

Einige rein abstracte Gedankenfolgen werden uns das Verständniss der vorhandenen, darauf zielenden Einrichtungen erschliessen helfen. — Von mehreren gleichen Quantitäten Plasma werden diejenigen die stärkste Membran ausscheiden können, welche das geringste Volumen einnehmen, weil dann selbstverständlich auch die Oberfläche

die kleinste ist. Und von diesen gleichen Mengen Plasma mit möglichst kleinem Rauminhalt wird diejenige die dichteste Cellulosehülle bilden können, welche eine Gestalt annimmt, die im Verhältniss zum Volumen die kleinste Oberfläche aufweist — d. i. die stereometrische Grundform der Kugel. Der Vortheil, den diese beiden Momente gewähren, ist jedenfalls schon bedeutend genug, denn unsere theoretischen Betrachtungen finden nun auch ihre vollständige Bestätigung in der Wirklichkeit. Sobald sich eine Zelle der Zygnemaceen zur Gametenbildung anschickt, löst sie sich von der Wand ab, stösst alle in ihr enthaltenen Gase, alles Wasser und alle wässerigen für das Wachsthum untauglichen Lösungen aus und contrahirt sich zur Kugelform. Bei anderen Conjugaten, den Desmidiaceen, spielen sich diese Vorgänge erst an der Zygote ab, was das Wesen derselben und ihre Bedeutung nicht im geringsten verändert. — Es ist ferner klar, dass bei einer grossen Kugel das Verhältniss des Inhalts zur Oberfläche ein bedeutenderes ist als bei einer kleinen oder mit anderen Worten, dass auf den gleichen Quadratinhalt Oberfläche ein grösseres Volumen Kugelinhalt zu rechnen ist als bei einer kleineren, und zwar ist jenes Volumen in der einen Kugel bekanntlich so viele Male grösser als das in der andern, als der Radius der einen Kugel den der anderen übertrifft, also steigt dieses Verhältniss mit zunehmendem Radius ziemlich schnell. Man kann sich diese Thatsache sehr leicht anschaulich machen dadurch, dass man sich zwei verschieden grosse Kugeln vorstellt. Der Radius der einen sei noch einmal so gross, als der der andern. Schneidet man nun aus der Oberfläche jeder Kugel ein gleiches Stück heraus, und errichtet auf jedem eine Pyramide, die ihre Spitze in dem Mittelpunkt der betreffenden Kugel hat, so sieht man ein, dass die in der grösseren Kugel construirte Pyramide einen noch einmal so grossen Inhalt hat, als die auf dem gleichen Oberflächenstück in der kleineren errichtete, da bekanntlich der Pyramideninhalt der dritte Theil des Products aus Grundfläche und Höhe (hier der Radius) ist. Daher wird die grösste Kugel auch die dichteste Hülle ausscheiden können, denn auf dasselbe Stück Oberfläche kommt die beträchtlichste Menge Plasma.

Nach Ausstossung aller überflüssigen Substanzen und Zusammenziehung zur Kugelgestalt werden nun diejenigen Zellen am besten gegen die Einflüsse der Kälte geschützt sein, welche dann noch den grössten Kubikinhalt aufweisen, das sind also diejenigen, welche die

grösste Quantität Plasma enthalten. Es werden so die Zellen am günstigsten gestellt sein, welche bei Eintritt der Winterkälte am schnellsten die Individualitätsgrenze zu erreichen vermögen, denn diese repräsentirt das Maximum von Plasma, das in einem Individuum vereinigt werden kann. Bei plötzlich sinkender Temperatur wird nun aber das Plasma völlig unfähig zu assimiliren, ebenso verhindert auch ein allmähliges Fallen die Zelle bis zum Eintritt der Winterkälte das individuelle Maass zu erreichen, da jede Lebensthätigkeit durch niedere Wärmegrade herabgedrückt wird. Daher ist ein durch Nahrungsassimilation verursachtes Wachsthum zu langsam, um für die Erhaltung der Art zu genügen, und es bleibt kein anderes Mittel als schon assimilirte Nahrung aufzunehmen, d. h. als die Aufnahme einer anderen Plastide in den eigenen Plasmakörper, oder kurz die Verschmelzung zweier Plastiden mit einander. — In dem auf diese Weise gebildeten Copulationsproduct, der Zygote, sind alle die Bedingungen vereinigt, welche unter den herrschenden Verhältnissen überhaupt denkbar sind, um eine möglichst starke Membran auszuscheiden.

Die erfreuliche volle Uebereinstimmung unserer rein theoretischen Deduction mit der Wirklichkeit beweist, dass die Thatsache der starken Empfindlichkeit der höheren Pflanzen gegen Kälte, auf die sich jene gründet, und die sie als Ursache der Entstehung der Copulation setzt, in der That den ersten Ursprung der Sexualität veranlasst hat. Für eine solche erste Entstehung spricht vor allem auch noch die allgemein durchgreifende Erscheinung, dass fast durch die ganze grosse Hauptabtheilung der Chlorophyceen hindurch, auch bei den meisten Formen mit vollkommen ausgebildeter Sexualität, die Geschlechtsstoffe nur im Herbst erzeugt werden, um die überall mit starker Membran versehene Zygote zu bilden, die das dann latent werdende Leben durch die Zeit des Winters in die nächste Vegetationsperiode hinüberrettet. Endlich ist ein letztes Argument für unsere Annahme noch die de Barysche Beobachtung (9), dass bei den Conjugaten die von der Copulation ausgeschlossen gebliebenen Gameten, die sogenannten Azygosporen, zwar auch eine Membran bilden, diese aber verglichen mit der der Copulationsproducte, der Zygoten, unvollständig ist. Dass eine Weiterentwickelung solcher Zellen zu Colonien nicht beobachtet wurde, erscheint uns jetzt ziemlich selbstverständlich, da die einzelne Gamete die Individualitätsgrenze vor der Encystirung nicht errnicht,

also zu Anfang der nächsten Vegetationsperiode nicht so leicht in Tochterzellen zerfallen kann, sondern nun erst mit Hilfe von Nahrungsassimilation so weit wachsen muss, bis sie jenes Maass überschritten hat.

Und so sehen wir, dass, merkwürdig genug, die ersten Anfänge der Sexualität bei den Pflanzen in keinem directen Zusammenhange mit der Fortpflanzung standen, keineswegs zuerst auf die Herbeiführung dieser gerichtet waren, sondern nur auf die schnellere Erreichung eines Wachsthumsmaximums zielten, wodurch dem Individuum ein sicherer Schutz gegen Temperatureinflüsse in Gestalt einer möglichst dichten Membran gewährt werden konnte. Hängt somit dieser Ursprung der Sexualität, die Verschmelzung zweier wesensgleicher indifferenter Zellen, nicht unmittelbar mit der Fortpflanzung zusammen, so stellt sie sich uns doch von Anfang an indirect als ein Mittel zu ihrer Herbeiführung dar, nicht zu ihrer Ermöglichung, sondern zu ihrer Beschleunigung, sobald wir nur nach dem I. Capitel Fortpflanzung als Wachsthum über das individuelle Maass hinaus fassen, denn ein schnelleres Erreichen desselben ist untrennbar von einem schnelleren Ueberschreiten.

Haben wir nun in der Verschmelzung zweier indifferenter Zellen bei den Pflanzen die ersten Spuren der entstehenden Sexualität erkannt, so werden wir einigermassen berechtigt sein, falls wir ähnliche Vorgänge bei den zu den Metazoen hinaufleitenden Protisten finden, dieselben ebenso als erste Anfänge jener Erscheinung zu deuten, obwohl hier jede Uebergangsstufe zur wirklich ausgebildeten Sexualität der Thiere fehlt. Mit dieser Einsicht wenden wir uns der Betrachtung der Protisten zu, um hier nach den ersten Entwickelungsstadien der Sexualität zu forschen und so unser Bild von den Ursachen und dem Wesen ihrer Entstehung zu vervollkommnen.

Wir werden zunächst die niederste Protistengruppe, die Moneren, daraufhin untersuchen müssen (10). Die einfachsten, ursprünglichsten Formen dieser sind Protamoeba und Protogenes, die, ein einfaches Plasmastückchen, durch Nahrungsaufnahme bis zur Individualitätsgrenze wachsen, um dann in zwei Tochterindividuen zu zerfallen. Etwas höher organisirt zeigt sich schon Vampyrella, jenes räuberische Moner, das zwar auch nur durch gewöhnliche Nahrungsassimilation wachsend, bei Ueberschreitung des Wachsthumsmaximums sich encystirt und innerhalb der Hülle in vier Tochterproducte sich theilt. Auf einer

Stufe mit Vampyrella steht Myxastrum, das sich nur durch die grössere Anzahl der Theilproducte von ihm unterscheidet. Noch höher steigt die Organisation bei Protomyxa aurantiaca: hier zerfällt das encystirte ausgewachsene Individuum simultan in zahlreiche Cytoden, die zuerst schwärmerähnlich, dann amoeboid werden. Sobald ganz zufälliger Weise zwei jugendliche amoeboide Protomyxen mit einander in Berührung kommen, verschmelzen sie, und dieses Verschmelzungsproduct kann wieder eine Verschmelzung eingehen. Auf diese Weise bilden sich allmälig grössere Individuen mit den typischen, baumartig verzweigten Ausläufern. Doch hat Haeckel auch isolirt cultivirte amoeboide Formen zu solchen verästelten heranwachsen sehen, aber nie eine Theilung bei ihnen beobachtet, was jedenfalls nur an der Verzögerung jenes Vorgangs infolge der Aufnahme von blos unassimilirter Nahrung lag. Das ganz Zufällige in dem Zustandekommen der Verschmelzung weist jedenfalls darauf hin, dass die einzelnen Individuen auch selbstständig zur Fortpflanzung gelangen können. In Hinsicht auf die Verschmelzung verhält sich Protomonas amyli ganz ähnlich der Protomyxa, muss daher mit dieser auf eine Stufe gestellt werden. Als letztes Glied dieser Reihe möchte ich noch eine den Moneren nicht allzufernstehende Gruppe, die Myxomyceten, heranziehen, welche obwohl manche an den Pflanzenorganismus erinnernde Eigenthümlichkeiten aufweisend, in vielen Beziehungen aber eine merkwürdige Aehnlichkeit des Baues und der Lebensthätigkeiten mit jenen zeigen, so dass sie als noch zu deren näheren Verwandten gehörig betrachtet werden müssen. Hat das oft flache netzartig verästelte Plasmodium der Myxomyceten sein individuelles Maass erreicht und überschritten, so zieht es sich bekanntlich zu einem rundlichen Körper zusammen, der, sich mit einer Hüllhaut umgebend, in unzählige Sporen zerfällt, welche freiwerdend erst zu schwimmenden Schwärmern, dann zu kleinen Amoeben sich gestalten. Diese letztern wachsen durch Nahrungsassimilation wie durch successive Verschmelzung mit sehr vielen anderen, so dass allmählig eine weitaus grössere Zahl ursprünglicher Individuen in einem Plasmodium vereint werden als bei Protomyxa (11). Erscheint zwar hier die Verschmelzung schon als ziemlich regelmässiges Glied im Lebenscyklus des Individuums, so ist sie aber doch noch nicht absolut nothwendig geworden.

Ueberblicken wir die vorgeführte Reihe, so fällt uns auf, dass erst von den Gruppen an, bei denen die Zahl der

Zerfallproducte nicht unter einem bestimmten Minimum steht, die Verschmelzung auftritt, und dass mit weiterer Zunahme der Theilproducte eine Steigerung in der Anzahl der copulirenden Plastiden wie in der Häufigkeit dieses Vorganges zu bemerken ist. Die Ursache, warum die Zahl der Tochterindividuen in der einen Abtheilung grösser, in der andern kleiner ist, warum sie bei der Entwicklung der einen Form aus der andern zunahm oder abnahm, ist uns nach dem im I. Capitel Gesagten heute noch völlig verschlossen, denn diese Verschiedenheit fliesst aus dem Wesen der Fortpflanzung, und so müssen wir uns kritisch mit der blossen Anerkennung der Thatsache bescheiden. Es kann und wird sich daher für uns nur darum handeln, unter Voraussetzung dieser den Versuch zu machen, das Auftreten der Verschmelzung aus ihr zu erklären.

Stellen wir uns zwei Gruppen einfachster Lebewesen, also Moneren, vor. Beide sollen gleich an Zahl der Individuen und von gleicher Organisation sein, und unter den nämlichen Existenzbedingungen leben. Beide werden daher dieselbe Ernährungsfähigkeit, eine gleiche Schnelligkeit des Wachsthums zeigen, also auch von dem Augenblick ihrer Entstehung aus dem Mutterorganismus an gerechnet, in derselben Zeit zur Fortpflanzung gelangen. Die Zahl der Theilproducte, in die das ausgewachsene Individuum zerfällt, betrage vier. Von der ersten Gruppe erreichen nun alle Individuen in jener bestimmten Zeit die Wachsthumsgrenze nur durch Nahrungsassimilation und theilen sich alsdann. In der zweiten Gruppe tritt plötzlich als eine Variation bei sämmtlichen Individuen, nachdem sie erst halb ausgewachsen sind. das Bestreben auf, zu je zweien zu verschmelzen. Durch diese Variation soll aber nicht die Wachsthumsenergie verändert werden. Aus der Verschmelzung je zweier halbreifer Individuen geht natürlich je ein ausgewachsenes hervor, das an der Grenze der Individualität stehend, alsbald in vier Tochterindividuen zerfällt. Während also in der Gruppe der selbstständig wachsenden Individuen diese die Hälfte der zu erreichenden Grösse gerade überschritten haben, sind in der andern Gruppe alle Individuen wieder auf die anfängliche Grösse reducirt, wofür aber noch einmal so viele Individuen als anfangs und als jetzt in der ersten Gruppe vorhanden sind. Wann die bloss durch Nahrungsassimilation wachsenden Individuen grade über das individuelle Maass hinaus gediehen sind und in je vier Tochterorganismen zerfallen, sind die der variirten

Gruppe wieder halbausgewachsen, durch Copulation je zweier von ihnen entsteht wieder ein Individuum das das Wachsthumsmaximum überschritten hat und infolge dessen vier Theilproducte liefert. Nun sind in dieser Abtheilung noch einmal so viele Individuen als vor der letzten Copulation vorhanden, also viermal so viele als anfangs und auch von derselben Grösse, mithin eine gleiche Anzahl wie in der ersten Gruppe.

Dem Anschein nach böte diese Variation also dem betreffenden Organismus keinen Vortheil und würde so durch allmälige Rückbildung wieder verschwinden. Berücksichtigen wir aber mehr den Zusammenhang des Organismus mit seinen Existenzbedingungen.

Es ist nämlich klar, dass je grösser die Oberfläche einer gewissen Menge Plasma ist, desto grösser auch die Masse der in einem bestimmten Zeitraum aufnehmbaren Nahrung ist, vorausgesetzt natürlich, dass die Ernährungsfähigkeit dieselbe bleibt. Die durch die beiden eben erwähnten Gruppen von Cytoden repräsentirten Plasmamassen haben ursprünglich gleich grosse Oberflächen. Als jedoch die Hälfte der Zeit verstrichen ist, welche die nur selbstständig wachsende Abtheilung zur Erreichung der Individualitätsgrenze braucht, treten an Stelle der vorher vorhandenen Individuenanzahl in der andern eine doppelt so grosse Menge auf, die also auch halb so gross als jene und die der ersten Gruppe sind. Während der ganzen zweiten Hälfte des angegebenen Zeitraums ist also die Oberfläche der durch die Abtheilung der copulirenden Individuen dargestellten Plasmamasse beträchtlich grösser als die der andern, daher auch fähig eine grössere Nahrungsmenge aufzunehmen als jene. Dies würde jedoch nur einen geringen Vortheil gegenüber der ersten Gruppe bezeichnen, wenn immer und überall eben so viel Nahrungmaterial, als fortwährend assimilirt werden kann, vorräthig wäre. Einen unvergleichlich bedeutenderen Vortheil gewährt die grössere Anzahl kleinerer Individuen sobald die Nährstoffe nicht in der genügenden Quantität vorhanden sind. Denn mit der grösseren Oberfläche des Plasma wächst die Wahrscheinlichkeit auf für die Assimilation geeignete Materie zu treffen. Die ganze Plasmamasse kann überdies in einem weitern Raum verstreut werden, der natürlich mehr Nahrungsmittel bietet als der kleinere. Daher wird, wenn bei Mangel an nöthiger Nahrung die Gruppe der nicht copulirenden Individuen einen Rückgang in der Körpergrösse derselben zeigt, die andere Abtheilung weniger oder gar nichts an Plasma

einbüssen. Ist die Nahrung gerade nur für Erhaltung des Stoffwechsels in der ersten genügend, so wird die zweite wachsen und sich fortpflanzen können, und während jene auf der früheren Individuenzahl beharrt, sie bald dauernd in dieser übertreffen. Auch wenn die vorhandene Quantität von Nährstoffen zur Ermöglichung des Wachsthums in der ersten Gruppe ausreicht, aber noch nicht soviel liefert, als nur immer assimilirt werden kann, wird die zweite schneller wachsen und sich vermehren können; so dass nach der ersten Verschmelzung die einzelnen Individuen schon wieder copulationsfähig d. h. halbausgewachsen sind, wenn die bloss selbstständig wachsenden noch nicht die Individualitätsgrenze erreicht haben. — Im Laufe nicht zu langer Zeit wird daher die Gruppe der copulirenden Individuen weit bedeutender an Zahl sein als die von dieser Variation freigebliebene Gruppe. Und hier zeigt sich erst der eigentliche Vortheil jener Einrichtung für die Erhaltung der Art. Denn sie ist ziemlich das einzige Schutzmittel dieser beinahe schutzlosen Organismen gegen schädliche äussere Einflüsse; nur eine möglichst grosse Individuenanzahl, wie sie hierdurch erzielt wird, kann diese Protistenclasse vor der Vertilgung durch ungünstige physikalische Bedingungen oder feindliche Organismen bewahren. Dieser Fall der Erhaltung der Art durch Production möglichst zahlreicher Individuen steht in der Lebewelt bekanntlich keineswegs vereinzelt da, überall, wo die Organisation es fordert, dass das Individuum hilflos dem Zufall preisgegeben ist, finden wir ähnliche Einrichtungen: man erinnere sich nur der Cestoden und anderer, ihre Wirthe wechselnder Parasiten.

Die Copulation wird als Schutzmittel der Art natürlich nicht an Werth verlieren, sobald die Anzahl der Theilproducte zunimmt. Wählen wir den einfachsten Fall: sie sei sechs. Allerdings wird auch hier der Sachverhalt complicirt, so dass wir auf eine ganz genaue Ausführung in extenso verzichten müssen. — Sind die Individuen beider Gruppen halbreif geworden, so werden die der copulirenden durch Verschmelzung von je zwei eine drei Mal so grosse Anzahl liefern als vorher in derselben und gleichzeitig in der anderen Gruppe sind. Diese Theilungsproducte sind dann auch drei Mal so klein als die nicht copulirenden — diese haben die Hälfte der definitiven Grösse erreicht, während jene auf ein Sechstel derselben reducirt sind. Da nun die Quantität des in einer bestimmten Zeit assimilirbaren Plasma

der Quantität des assimilirenden Plasma innerhalb gewisser Grenzen ungefähr proportional gesetzt werden muss, so werden die aus der Copulation hervorgegangenen Theilproducte von ein Sechstel Maximalumfang nur wieder um ein Sechstel wachsen, während die halbausgewachsenen Individuen der andern Gruppe noch um die andere Hälfte zunehmen. Kurz, jene Theilproducte werden noch nicht wieder copulationsfähig, d. h. halbausgewachsen sein, sondern ein Sechstel des Wachsthumsmaximum wird ihnen noch fehlen, wenn die nicht variirte Gruppe infolge selbstständigen Wachsthums die Individualitätsgrenze überschritten hat und nun in sechs Mal so viele Individuen zerfällt als anfangs vorhanden waren. Während dieser Zeit, in welcher die Individuen der copulirenden Gruppe um ein Sechstel der definitiven Grösse noch wachsen müssen, wird also die andere nicht variirte an Anzahl doppelt so stark sein als jene, eine beträchtliche Verkleinerung des Vortheils, den dieser Fall gegenüber dem ersten mit der Theilziffer vier hat, dass nämlich während des zweiten Theils der Wachsthumsperiode die Individuenzahl in der copulirenden Gruppe drei Mal so gross ist als in der nicht copulirenden, wogegen in jenem Fall das erwähnte Verhältniss nur 2 : 1 war. Daher wird der Vortheil der Copulation zweier Individuen bei einer Theilziffer sechs nicht grösser sein als bei einer Anzahl von vier Theilproducten. Er wird aber erhöht werden, sobald jener oben berührte ihm entgegenarbeitende Umstand in seiner Wirkung beschränkt wird, und dies geschieht durch Copulation von mehr als zwei Individuen. Betrachten wir, wie sich die Sachlage im vorliegenden Fall bei Verschmelzung von je drei Individuen verhält. Nun können schon die Individuen der variirten Gruppe copuliren, sobald sie nur ein Drittel der definitiven Grösse erreicht haben. Da hier je drei Cytoden verschmelzen, so entstehen infolge dessen nur doppelt so viele als vorher in derselben und gleichzeitig in der anderen Gruppe sich befinden. Jede von jenen, ein Sechstel des Maximalwachsthums repräsentirend, ist daher auch halb Mal so gross als die nicht copulirenden, die ein Drittel der definitiven Grösse darstellen. Wenn daher diese um ein weiteres Drittel gewachsen sind, also zwei Drittel haben, werden jene um noch ein Sechstel zugenommen haben, also wieder ein Drittel des individuellen Maasses erreicht haben und von neuem copulationsfähig sein. Durch diese zweite Copulation verdoppelt sich ihre Zahl nochmals, so dass nun vier Mal so viele Individuen als anfangs vorhanden sind und als

gleichzeitig in der nicht variirten Gruppe. Sie sind deshalb natürlich auch ein Viertel so gross als die Mitglieder dieser, und werden, wenn diese um das letzte Drittel wachsen, nur um ein Zwölftel zunehmen, so dass ihnen noch ein Zwölftel fehlt, um wieder copulationsfähig zu sein, nachdem die andern grade selbstständig die Individualitätsgrenze überschritten haben, und so sechs Mal so stark an Zahl als anfangs geworden sind. Während also die Individuen der copulirenden Gruppe noch um ein Zwölftel zu wachsen haben, um zur Copulation schreiten zu können, um drittelreif zu werden, übertrifft auch hier die Zahl der Individuen der anderen Gruppe die ihrige, jedoch nur im Verhältniss von 6 : 4. Vergleicht man den vorhin durchgeführten Fall einer Copulation von nur je zwei Individuen bei einer Theilziffer = sechs mit diesem (siehe oben), so bemerkt man, dass bei einer durchschnittlich gleich starken Ueberlegenheit an Individuenzahl gegenüber der nicht copulirenden Gruppe während einer ganzen Wachsthumsperiode dieser, der kurze nachfolgende Zeitraum, während dessen umgekehrt die letztere Gruppe einen Vortheil vor ersterer hat, noch weit kürzer geworden, und ausserdem das Verhältniss der Individuenzahlen in dieser Periode ein für die copulirenden Individuen weit günstigeres geworden ist (dort 1 : 2, hier 4 : 6). Ist daher vorhin der grössere Vortheil, den bei einer Theilziffer sechs während der ersten Wachsthumsperiode die Copulation je zweier Individuen gegenüber dem Fall mit der Zerfallziffer vier aufwies, durch das nachfolgende umgekehrte Verhältniss in der Anzahl der nicht copulirenden zu der der copulirenden Individuen wieder fast gänzlich aufgehoben worden, so ist augenscheinlich dieses letztere Moment jetzt dermassen reducirt worden, dass trotz dessen die Copulation von je drei Individuen bei einer Anzahl von sechs Theilproducten von bedeutenderem Vortheil ist, als die Copulation von je zweien bei vier Theilproducten.

Diese theoretische Erörterung erklärt vollkommen unsere an der Reihe der Moneren und Myxomyceten gemachten Beobachtungen, dass mit Zunahme der Theilproducte die Nothwendigkeit der Copulation sowie die Zahl der mit einander copulirenden Individuen sich steigere, denn es geht aus der weiteren Consequenz unseres Princips hervor, dass je höher die Zerfallziffer und je höher die Zahl der copulirenden Individuen, desto grösser auch der Vortheil ist, den die Copulation mit sich bringt, da die Zeit, während welcher die Anzahl der copulirenden Individuen die der andern übertrifft, immer zunimmt in dem

Maasse wie die Copulationen innerhalb einer Wachsthumsperiode immer zahlreicher werden. So übertraf die Zahl der copulirenden Individuen die der nicht copulirenden bei einer Zerfallziffer = 6 schon von dem Augenblick an, wo sie den dritten Theil der definitiven Grösse erreicht hatten, während bei der Theilziffer vier jenes ungleiche Verhältniss erst eintrat, sobald die copulirenden Individuen bis zur Hälfte des Wachsthumsmaximum herangewachsen waren. — Natürlich hat die Zahl der mit einander copulirenden Individuen für jede Zerfallsziffer eine bestimmte Grenze, bei welcher das Optimum erreicht ist.

Es ist uns nun verständlich, warum Protamoeba und Protogenes, die nur Zweitheilung zeigen, nicht copuliren, da durch die Copulation keine Zunahme der Individuenzahl während eines bestimmten Zeitabschnittes und so auch keinerlei Vergrösserung der Oberfläche des assimilirenden Plasma bewirkt werden könnte. Selbst der Vortheil der Copulation bei Viertheilung muss noch ziemlich gering sein, denn Vampyrella weist auch noch keine Spur eines entsprechenden Vorganges auf. Erst Protomyxa und Protomonas amyli zeigen zum ersten Mal die Copulation mehrer Individuen gemäss unserem theoretischen Postulat, dass mit der Zerfallziffer in bestimmtem Verhältniss auch die Zahl der copulirenden Individuen wachsen soll. Noch weit grösser ist diese letztere bei den Myxomyceten, die bei der Fortpflanzung eine unzählbare Menge Tochterindividuen, Schwärmer, liefern.

Auf unsere Erfahrungen an den Pflanzen gestützt, werden wir in der zuerst bei Protomyxa auftretenden Verschmelzung mehrerer Cytoden die ersten Anfänge einer Entwicklungsreihe sehen können, die ihr Endziel in der ausgebildeten Sexualität der Thiere hat. Es würde sich somit aus unsern Anschauungen ein doppelter Ursprung für die Sexualität ergeben; zwei verschiedene Male, das eine Mal unabhängig von dem andern, wäre die Sexualität entstanden. Und diese Ansicht erweist schon ein oberflächlicher Blick auf den bei den niederen Pflanzen vorhandenen Thatbestand als richtig. Denn hier sahen wir schon, dass die niedersten Formen, die aber einen ausgesprochenen Pflanzencharakter besitzen die Schizophyceen, jeder Spur einer Sexualität oder auch nur eines ersten Anfanges derselben entbehren, so dass also der Ursprung der Sexualität nicht an die gemeinsame Wurzel des Thier- und Pflanzenstammbaumes gesetzt werden darf, sondern weiter nach oben, wo beide sich in ihrer Entwicklung schon von einander getrennt haben. —

Vergleichen wir nun die Ursachen, die jedes Mal die Fixation ihrer ersten Entstehung bewirkten. Im allgemeinen war es in beiden Fällen nur eine einzige: die Empfindlichkeit des Organismus gegenüber schädlichen äussern Einflüssen und der daraus resultirende Vortheil gewisser Variationen als Schutzmittel gegen dieselben, welcher sie befestigte und so zur ersten Stufe einer langen Entwicklungsreihe machte. Genauer betrachtet unterscheiden sich aber beide Male die Entstehungsursachen der Sexualität entsprechend dem eigensten Typus und Wesen des Organismenreiches, in dem sie wirken. Die Pflanze schon von vornherein in der Fähigkeit der Celluloseabsonderung ein Schutzmittel gegen ungünstige Existenzbedingungen besitzend, durfte bei Steigerung dieser nur Einrichtungen erlangen, die geeignet waren jene Ausscheidung noch wirksamer zu machen, um eine genügende Sicherheit für die Fortdauer der ganzen Abtheilung zu haben. Die Erhaltung der Gattung kann hier erzielt werden durch die Erhaltung jedes Individuums. Die Organismen mit thierischem Stoffwechsel aber bedürfen zur Erhaltung der Gattung einer andern Einrichtung, denn sie sind solchen individuellen Schutzes völlig baar. Diese Einrichtung muss daher ohne Rücksicht auf die Sicherheit des Individuums hier direct auf die der Gattunng gehen, d. h. es kann nur die Production möglichst vieler Individuen sein, welche die Fortdauer der Gattung sichert. Jene kann nur selbst wieder mit Steigerung der Ernährungsfähigkeit gesteigert werden, und dies geschieht, wie wir gesehen, dadurch, dass mit Hilfe der Copulation zu **jeder Zeit** eine möglichst grosse Oberfläche des assimilirenden Plasma geschaffen wird. Es ergiebt sich uns somit, dass bei den Organismen mit thierischem Stoffwechsel die ersten Anfänge der Sexualität in engem Zusammenhange mit der Fortpflanzung standen, während sie im Pflanzenreich ausserhalb jeder directen Beziehung zu ihr waren.

Verfolgen wir nun die weiteren Ausbildungsstadien jenes ersten Ursprungs im Protistenreich, die doch unsere Anschauung von dem Wesen der Entstehung der Sexualität in dieser Organismenreihe entweder bestätigen oder widerlegen müssen. Den Consequenzen unserer Ansicht gemäss, werden wir keine Copulation bei solchen Protisten erwarten dürfen, welche einen individuellen Schutz infolge eines specifisch modificirten Sotffwechsels erlangt haben. Und in der

That verhält es sich auch so: wir finden keinen auf die Copulation hindeutenden Vorgang in den Gruppen der Radiolarien wie der Thalamophoren — da beide mit Hüllen und Skeletten hauptsächlich anorganischer schwer löslicher Substanzen versehen sind.

Ebensowenig dürfen wir auf die Copulation bei Protisten mit reiner Zweitheilung gefasst sein, da, wie wir gesehen, sie hier von keinem Vortheil für die Erhaltung der Art sein kann. Einige vereinzelte Mittheilungen abgerechnet, deren Befunde auf äussere oder vielleicht auch innere pathologische Ursachen zurückzuführen sein werden, hat man dem entsprechend noch keine Copulation bei den Amoeben beobachtet, obgleich „man so vielfach Gelegenheit hat, Amoeben in dichtester Berührung an einander hinkriechen zu sehen". (12.)

Hingegen wird man die Copulation schon als fast unumgänglich nothwendiges Glied im Lebenscyklus jedes Individuums voraussetzen müssen bei Gruppen, deren Individuen mehr als andere unbewehrt dem Spiele des Zufalls ausgesetzt sind. Eine solche Classe haben wir in den Gregarinen vor uns. Es ist mindestens von den Monocystiden des Regenwurms wie der Arthropoden (12) ganz gewiss, und für alle anderen Gregarinen sehr wahrscheinlich, dass, soll eine Entwicklung zum erwachsenen Organismus ermöglicht werden, die junge Gregarine noch als Pseudonavicelle aus dem Wirth, in dem sie entstanden, in einen andern, von derselben Thiergruppe jedoch, gelangen muss. Welche viele Zufälle haben hier unbehindertes Spiel, ehe die junge Gregarine den Ort ihrer Bestimmung erreicht? Es kann daher gerade diese Protistenclasse nur durch Production möglichst vieler Individuen vor dem Aussterben geschützt werden, und so sehen wir im Einklang mit unserer Theorie die Anzahl der Theilproducte sehr hoch und die Copulation fast absolut nothwendig geworden.

Nicht mehr so durchaus unumgänglich scheint sie bei den Flagellaten zu sein, wo sie besonders an Noctiluca miliaris beobachtet wurde. (13.) Diese haben in ihrer Entwicklung schon einen andern Weg eingeschlagen, welcher auf die Erreichung desselben Zieles, der Production möglichst vieler Individuen hinausführt, es ist der der Differenzirung. Durch die Vertheilung der Gesammtleistung des Körpers auf verschiedene Theile, deren jeder eine bestimmte Function übernehmend, auch in seinem Bau dieser angepasst ist, wird die Lebensthätigkeit des ganzen Organismus erhöht. So ist auch hier die

Ernährungsfähigkeit eine vollkommenere geworden, eine bestimmte Stelle der Körperoberfläche ist speciell für die Nahrungsaufnahme umgestaltet, ein langer contractiler peitschenförmiger Anhang bewegt den Organismus geschwind durch das Wasser, der auf solche Weise fähiger zum Aufsuchen und Erhaschen seiner Beute wird. Die Ausbildung eines besonderen locomotorischen Organs schützt andererseits den Organismus vor manchen verderblichen äussern Einflüssen, so dass die Differenzirung hier eigentlich in zwei Beziehungen bis zu gewissem Grade die Copulation überflüssig macht. Doch ist sie noch nicht so weit gediehen, wie auch aus andern Beobachtungen hervorgeht (13), dass sie die Vortheile der Copulation gänzlich ersetzen könnte, daher finden wir diese noch ziemlich durchgehends erhalten. Besonders interessant und daher eine genauere Betrachtung werth, ist die Art der Fortpflanzung, denn sie ist geeignet auf gewisse Fortpflanzungserscheinungen der Ciliaten ein Licht zu werfen, die Bütschli veranlasst haben dort das Dasein eines Wachsthumsmaximum zu bestreiten. Hat infolge der Copulation Noctiluca miliaris das individuelle Maass überschritten, so bildet sich an einer Seite der so entstandenen grossen Kugel eine Scheibe aus dem sämmtlichen vorhandenen Plasma. Durch succedane Zweitheilung zerfällt dasselbe nun in eine grosse Anzahl eigenthümlich gebauter Schwärmer, die aber erst dann frei werden, wenn die Theilung beendet ist. Dieser Vorgang löst den scheinbaren Widerspruch, in welchem die Fortpflanzungsart der Ciliaten zu unserer Fassung der Fortpflanzung steht. Bei diesen nämlich theilt sich ein Individuum erst in vier sogleich isolirte Tochterproducte, ehe diese nun weiter auswachsen, also von der Individualitätsgrenze weit entfernt, zerfallen sie schon wieder, so dass die letzte Theilungsgeneration im Vergleich zur ersten zwerghaft erscheint. Diese Thatsache ist nun leicht erklärlich, wenn man, was man bei jeder successiven Zweitheilung annehmen muss, sich denkt, dass bald nach Ueberschreitung des individuellen Maasses so viele Theilungscentra in der betreffenden Plastide entstehen, als endgültig Theilungsderivate selbstständig werden. Nur werden sie nicht sogleich selbstständig wie bei der simultanen Vieltheilung, aus der diese Modification entstanden, sondern, als durch irgend eine unbekannte Ursache die früher in denselben Moment fallenden Furchungsacte der Zeit nach aus einander gerückt worden waren, wurden auch nun die einzelnen Theilproducte erst frei, nachdem der Theilungsprocess alle neuen Individualisationscentra gegen einander abgegrenzt hatte.

Dies Stadium ist repräsentirt von Noctiluca miliaris. Hieraus ist sehr leicht der Vorgang bei den Ciliaten herzuleiten, der nichts ist als eine verfrühte Ablösung der Theilproducte, von denen natürlich jedes zuerst noch eine grosse Anzahl von Individualisationscentren in sich enthält, so dass die Theilung der letzten kleinsten Derivate noch als Folge der Ueberschreitung des Wachsthummaximum durch das erste grösste aus der Conjugation hervorgegangene Individuum zu betrachten ist. Diese Modification des Fortpflanzungsprocesses widerspricht also nicht mehr und nicht minder unserer Auffassung von dessen Wesen als die Fortpflanzung von Noctiluca miliaris und überhaupt die meisten successiven Zelltheilungen.

Bei den Süsswassermonothalamien finden wir einen grossen Fortschritt in der Weiterentwicklung der Copulation. Eigentlich wären wir nach Analogie der Radiolarien und Thalamophoren berechtigt vorauszusetzen, dass diese mit harter Schale bedeckten Protozoen jene Schutzeinrichtung gänzlich oder wenigstens theilweise verloren hätten. Doch walten hier andere äussere Verhältnisse ob, welche ganz oder zum Theil die Copulation erhalten haben. Vor allem ist zu berücksichtigen, dass im süssen Wasser diese Organismen in ungleich höherem Maasse der verderblichen Wirkung des Frostes und der Austrocknung durch Hitze ausgesetzt sind. Diesen physikalischen Bedingungen entsprechend haben sie auch die Fähigkeit der Cystenbildung erworben. Nun hat das coloniebildende Platoum stercoreum (12) von allen Monothalamien allein vollständig die Copulation bewahrt. Hier verschmelzen sämmtliche Individuen einer Colonie, und dieses Verschmelzungsproduct scheidet dann die Cyste aus. Lebten die Platoumindividuen ebenfalls isolirt wie die andern Monothalamien, so wäre die Copulation auch schon längst ausgefallen, denn dann wäre nicht der Vortheil vorhanden, der sie erhielt — der Vortheil infolge der Coloniebildung jeden Augenblick bei eintretender Kälte oder Trockenheit durch Verschmelzung zahlreicher Individuen eine möglichst dichte Cyste ausscheiden zu können. So zeigt sich uns die merkwürdige Thatsache, dass dieselbe Ursache, welche im Pflanzenreich die Fixirung der Copulation veranlasste, hier ebenfalls in gleicher Richtung gewirkt hat, denn ohne den erwähnten bedeutenden Vortheil wäre bei Platoum der Copulationsprozess zum Mindesten so rückgebildet wie er bei allen isolirt lebenden Süsswassermonothalamien anzutreffen ist.

Diese letzteren weisen das erste Stadium seines Rudimentärwerdens auf: je zwei Individuen legen sich mit ihren Schalenöffnungen an einander, die Plasmen verschmelzen in diesem Bereich, alsdann trennen sie sich wieder. In dieser Rückbildung aber hat die Copulation, nun Conjugation genannt, eine neue Bedeutung erlangt, die verhindert, dass sie noch weiter rudimentär wird.

Es ist eine nicht zu leugnende Thatsache, dass ein Süsswasserbassin weitaus mannigfaltigere, besonders physikalische Existenzbedingungen birgt, als ein Meeresbassin von gleicher Grösse. Es werden daher auch weit häufiger starke individuelle Variationen bei den Süsswasser bewohnenden Formen auftreten als bei den im Meere lebenden. Diese Variationen äussern sich in Gestalt oder Leistung des Organismus. Nun muss man aber annehmen, wenigstens vom mechanischen Standpunkt der Micellartheorie, dass die chemisch-physikalische Structur des Plasma allein es ist, welche den Gesammtzustand des Organismus bedingt, und daher keine Aenderung in Form oder Function denkbar ist, die nicht von einer entsprechenden in dem Bau des Plasma verursacht würde. So werden wir auch für das indifferente Plasma, d. i. nach unserer früheren Begriffsbestimmung solches, das in allen seinen Theilen ernährungsfähig ist, einen bestimmten Micellarzustand zu setzen haben. Infolge der unendlichen Zahl möglicher Variationen werden sehr häufig solche erscheinen, die sich, da jede doch mit einer besonderen Structur verbunden, einander bis zu einem gewissen Grade ausschliessen, und also auch solche, die beschränkend auf die Ernährungsfähigkeit des Plasma wirken. Daher werden oft Individuen, die für die Erhaltung der Art vortheilhafte Variationen zeigen, vielleicht Schutzeinrichtungen irgend welcher Art, gerade durch diese in ihrer Ernährungsfähigkeit beeinträchtigt werden, langsam wachsen und so sehr spät oder gar nicht fortpflanzungsfähig werden. So würden für die Erhaltung der Gattung werthvolle Variationen, kaum entstanden, schon dem Aussterben unterliegen. Dieser Missstand wird durch die rückgebildete Copulation beseitigt. Jedenfalls werden die Monothalamienindividuen, welche am besten ernährungsfähig sind, stets am zahlreichsten sein. Es ist daher mindestens sehr wahrscheinlich, dass in den weitaus meisten Fällen eine partielle Verschmelzung zwischen einem indifferenten und einem nach irgend welcher Richtung variirten Individuum eintreten wird. Die Oberflächen der Plasmen der beiden Individuen legen sich an einer bestimmten

Stelle an einander, das consistentere Exoplasma weicht dort zurück und nach dem einfachen Diffusionsgesetz der Flüssigkeiten wird ein Einströmen des specifisch schwereren Plasma in den Körper mit specifisch leichterem und umgekehrt stattfinden, bis in beiden Körpern gleich grosse Massen beiderlei Plasmas enthalten sind. Auch wenn durch viele Variationen die Ernährungsfähigkeit des Plasma nicht verringert wird, so wird trotz dessen auch hier die Conjugation von Vortheil für die Erhaltung der ganzen Gattung sein, indem durch sie allein die Verbreitung vortheilhafter Variationen auf möglichst viele Individuen bewerkstelligt werden kann.

Eine Bestätigung unserer Ansicht vom Wesen der Conjugation als Einrichtung zur Verbreitung und Erhaltung vortheilhafter Variationen, die infolge der mannigfachen Existenzbedingungen des süssen Wassers hauptsächlich in diesem auftreten, ist in der Thatsache zu sehen, dass mit Sicherheit Conjugation bisher fast nur an den Süsswasser bewohnenden Protistengruppen beobachtet wurde, an den im Meer lebenden, so weit uns bekannt, dagegen noch gar nicht. Und zwar kommt sie ausser bei den Süsswassermonothalamien bei allen bisher noch nicht betrachteten, höher differenzirten und daher auch variableren Formen vor, die vornehmlich das Süsswasser bevölkern.

In noch ziemlich ursprünglicher Weise, ihre Entstehung aus der Copulation erkennen lassend, erscheint die Conjugation bei den Heliozoen (14). Hier können sogar bis neun Individuen conjugiren, und ihre Verschmelzung ist so innig, dass jede Grenze zwischen den Organismen verschwindet.

Nach unserer Theorie dürften wir bei einer noch unerwähnten Protistengruppe, den Acineten, eine Conjugation nicht erwarten, soll anders unsere Anschauung von deren Wesen mit der Wirklichkeit übereinstimmen. Diese zwar auch Süsswasser bewohnenden Protozoen sind die grösste Zeit ihres Lebens hindurch sessil, es könnte daher Conjugation nur zwischen benachbarten Individuen eintreten, die bei noch so mannigfachen Existenzbedingungen doch schwerlich oder nur sehr gering verschiedenartig variiren können. Den Consequenzen aus unserer Anschauung zufolge wäre daher hier die Conjugation ohne Nutzen für die Gattung, und daher ihre Ausbildung von vornherein unmöglich gewesen. Und so finden wir auch hier nicht Conjugation, sondern noch vollständige Copulation, zu der nur zwei oder mehrere wesensgleiche indifferente Plastiden nöthig sind (15), die sich später

nicht mehr trennen. Die Fortpflanzung geschieht dabei durch sogenannte innere Knospung, indem im Innern des Copulationsproductes „Embryonen“ gebildet werden.

Am häufigsten ist die Conjugation bei den Ciliaten, wo sie auch am genauesten beobachtet worden ist. Hier wird sie wohl kaum noch in der blossen Vermischung ernährungsfähigen indifferenten Plasmas mit variirtem bestehen, denn diese Protisten repräsentiren die höchst differenzirte selbstständige Zelle. Die Conjugation wird daher vielmehr eine Wechselwirkung zwischen nach verschiedenen Richtungen differenzirten Plasmen sein, und zwar ein Process nicht nur physikalischer, sondern vor allem chemischer Natur. Das geht auch schon aus der früher erwähnten Bütschlischen Beobachtung über die nächste Wirkung der Conjugation bei den Ciliaten hervor, die wir als einfachen Stoffwechselprocess gedeutet haben, so dass wir als das Wesen der Conjugation selbst die Herstellung der Vorbedingung für ein energisches Wachsthum und daher auch für die Fortpflanzung betrachten konnten. Dem entsprechend fand auch Bütschli, dass die beiden conjugirenden Individuen nach ihrer Trennung eine sehr starke Nahrungsaufnahme und ein sehr rapides Wachsthum zeigen. Die Wirkung der Conjugation wird daher hier nicht mehr ein Austausch der Variationen der sich vereinigenden Individuen sein, sondern hauptsächlich die Ueberführung des vorhandenen differenzirten Plasmas in den selbstständig ernährungsfähigen, indifferenten Zustand, dessen Mangel vor der Conjugation sich in der Wachsthumsunfähigkeit des Individuum äusserte. Es ist klar, dass nicht die Vereinigung zweier beliebiger Individuen diese Wirkung haben kann, dass vielmehr ein bestimmtes Individuum nur mit wenigen anderen entsprechend variirten so erfolgreich verschmelzen kann. Es muss also eine Auslese stattfinden, welche infolge des höher entwickelten Seelenlebens dieser Organismen wohl ermöglicht werden kann. Was die Fortpflanzung der Ciliaten anbelangt, so haben wir schon oben den hier waltenden Modus dahin erklärt, dass die auf das conjugirende Individuum folgenden Generationen ohne Conjugation eigentlich keine selbstständigen Generationen sind mit Ausnahme der letzten kleinsten, welche wieder zur Conjugation schreitet und dadurch wieder das individuelle Maass erreicht. So ist, was man von vornherein bei der ziemlich hohen Differenzirung dieser Organismen schliessen durfte, die Conjugation hier ein nothwendiges Glied im Lebenscyklus der Gattung geworden.

Haben wir so unsere Anschauung über die Bedeutung des Verschmelzungsprocesses, wie er zuerst bei Protomyxa auftritt, vermittelst einer flüchtigen Betrachtung entsprechender Vorgänge bei den übrigen Protisten geprüft, so tritt an uns die Forderung heran, uns in der viel discutirten Streitfrage über die Existenz der Sexualität bei diesen niedersten Lebewesen zu entscheiden. Die Beurtheilung dieses Problems scheint uns von jeher an demselben Fehler gekrankt zu haben, den wir bei Gelegenheit der Kritik der verschiedenen Sexualitätstheorien aufdeckten, dass nämlich die grosse Thatsache der Entwickelung gar nicht oder sehr wenig berücksichtigt wurde. Zeigte die Copulation resp. Conjugation einer Gruppe zu geringe Aehnlichkeit mit dem ausgebildeten Befruchtungsprocess, so wurde jener die Sexualität ganz und gar abgestritten, während im entgegengesetzten Fall wieder eine ausgebildete Sexualität angenommen wurde. Ueberdies war in den meisten Fällen als einziges Kriterium für das Bestehen oder Nichtbestehen der Sexualität der Umstand massgebend, ob auf die Verschmelzung die Fortpflanzung folgte oder nicht, was, wie wir bei den Pflanzen gesehen, gar nicht so selbstverständlich ist. Daher werden wir von unseren Erfahrungen an diesen ausgehend, zunächst unbeirrt davon, ob die Verschmelzung jedes Mal unmittelbar von der Fortpflanzung begleitet ist oder nicht, in allen betrachteten Fällen Entwickelungsstadien der Sexualität erkennen, wohlgemerkt Entwickelungsstadien, die als solche fast nichts von dem Wesen des Endziels, der ausgebildeten Sexualität, an sich zu haben brauchen. Wir werden diese unsere Ansicht mit um so grösserem Recht aufstellen können, als wir mit ihrer Hilfe allein aus schon vorhandenen inneren und äusseren Ursachen heraus, die Copulations- und Conjugationserscheinungen in eine ununterbrochene Entwickelungsreihe bringen konnten, von dem Verschmelzungsact der Protomyxa an. Sie ist die einzige Erklärung, welche alle diese Erscheinungen in der Gesammtheit verstehen lässt, ohne die man zu den künstlichsten und für jeden einzelnen Fall verschiedenen Versuchen greifen muss.

Andererseits ist aber auch sämmtlichen Protisten eine entwickelte Sexualität abzusprechen, als deren Kriterium die Herausbildung nur zweier bestimmt differenzirter Zeugungsstoffe anzusehen ist, von denen der eine ohne Verbindung mit dem andern entwickelungsunfähig bleibt. Denn die ersten Bedingungen für die Ausbildung nur zweier Differenzirungen innerhalb einer Art fehlen schon; die unendliche Menge

äusserer Existenzbedingungen kann doch nur wieder unendliche und unendlich mannigfache Variationen hervorbringen, und innerhalb des einzelnen Protistenkörpers, der Zelle, des einfachsten Individuums, können nicht zwei selbst wieder individualisirte, bestimmt differenzirte Zeugungsstoffe entstehen. Demnach muss überhaupt allen actuellen Bionten von blossem Zellenwerth schon a priori jede ausgebildete Sexualität abgeleugnet werden.

Das Verhältniss der Copulation resp. Conjugation zu der Fortpflanzung haben wir, wie es in einer aufsteigenden Entwickelung natürlich ist, in den verschiedenen Gruppen einer mannigfachen Veränderung unterworfen gefunden. In den ursprünglichsten Fällen nur ein Mittel zur Beschleunigung der Fortpflanzung (bei Protomyxa, Protomonas, den Myxomyceten, Gregarinen u. s. w.), wurde die Copulation bei ihrer Wandlung in die Conjugation nothwendig oder mindestens sehr erforderlich für die Fortpflanzung gewisser der Erhaltung der Gattung vortheilhafter Variationen sowie für ihre Verbreitung (Süsswassermonothalamien), um endlich in ihrer höchsten Ausbildung bei den Ciliaten für die Fortpflanzung absolut nothwendig zu werden. Dem entsprechend sind auch bei allen Gruppen mit einziger Ausnahme der Acineten und Heliozoen nach dem Verschmelzungsact in den meisten Fällen Fortpflanzungserscheinungen beobachtet worden. Auch der scheinbar fast regelmässige Ausfall der Fortpflanzung nach der Copulation der Acineten und der Conjugation der Heliozoen ist nicht unvereinbar mit unserer Anschauung. Erinnern wir uns, dass wir als die Ursache für die Entwickelung der Copulation den Vortheil dieses Vorgangs für die Erhaltung der Gattung gegenüber schädlichen äusseren Einflüssen gesetzt haben. Sie wird daher in der ersten Zeit vornehmlich oder auch ausschliesslich in Perioden ungünstiger Existenzbedingungen aufgetreten sein und sich erst später mehr auch auf den übrigen Theil des individuellen Lebens ausgedehnt haben. Doch wird sie auch jetzt noch in Zeiten besonders ungünstiger Verhältnisse weit häufiger und mit weit stärkerer Energie sich zeigen. Nun sind zwar die Ciliaten und viele andere Protisten fähig in Wasser zu leben, das mit den mannigfachsten in Zersetzung begriffenen Stoffen erfüllt ist und so die verschiedenartigsten Gase und Lösungen enthält, doch halten sich gerade die Acineten und Heliozoen für gewöhnlich an Orten auf, die einem beständigen Wechsel des sie umgebenden Mediums unterworfen sind oder suchen diesen durch Locomotion selbst herbeizuführen.

Sie können daher nur sehr kümmerlich in einem Wasser existiren, welches mit verschiedenen Substanzen verunreinigt ist, sie sind mit einem Wort gegen die chemische Beschaffenheit ihres Mediums empfindlicher als viele andere Protisten. Nun wird wohl Niemand behaupten wollen, dass unter dem Mikroskop auch mit Anwendung der feinsten Methoden gerade in dieser Beziehung besonders günstige Existenzbedingungen gegeben sind. Es macht sich daher der auch sonst, nur in geringerem Maasse, vorhandene Trieb zu copuliren resp. zu conjugiren unter diesen Umständen mit besonderer Energie geltend, was nach dem oben Gesagten aus dem Ursprung der Copulation selbstverständlich ist. Es werden daher infolge dieses verstärkten Triebes auch Copulationen und Conjugationen stattfinden, die zu keinem Ergebniss führen können. Diese Deduction aus unserer Ansicht über die erste Entstehung der Copulation findet ihre Bestätigung in der Wirklichkeit.

In der oben beschriebenen Weise conjugirte Actinophryen sind unter dem Mikroskope „so häufig, dass man ihnen fast ebenso oft wie einzelnen Individuen begegnet" (14). Es wurde ferner bei diesen Protisten beobachtet, dass sich viele Individuen vereinigen, dann trennen, um bald wieder mit anderen zu verschmelzen. Noch andere ähnliche Befunde zeigen zur Genüge in Uebereinstimmung mit unsern Betrachtungen, dass der Trieb zur Conjugation unter den vorhandenen Umständen stark genug geworden ist, um alle Individuen ohne Unterschied zusammenzuführen, so dass eine grosse Anzahl der Conjugationen kein Resultat haben können. So werden auch viele Acineten copuliren, die noch nicht copulationsfähig, d. h. noch nicht so gross geworden sind, dass das Verschmelzungsproduct das individuelle Maass überschreitet, und zur Erreichung dieses noch ein Wachsthum durch Nahrungsassimilation nöthig ist. Dass diese Häufigkeit der Conjugationen der Heliozoen auf ihrer empfindlichen Natur beruht, beweist auch ein Vergleich der angeführten Thatsachen mit den Erscheinungen bei den übrigen weit resistenteren Protisten, besonders den Ciliaten und Gregarinen. Diese weisen verhältnissmässig eine sehr geringe Zahl von Copulationen resp. Conjugationen auf, von denen aber fast alle die Fortpflanzung im Gefolge haben.

Noch ist inbetreff der Conjugation der Heliozoen ein Punkt zu berücksichtigen. Nach der von uns entwickelten Anschauung über diesen Vorgang ist derselbe nur ein Mittel, die Erhaltung vieler

Variationen oder auch nur ihre Verbreitung zu ermöglichen. Es ist daher gar nicht zu erwarten, dass auf den Conjugationsact augenblicklich die Fortpflanzung folgt, sondern wo dies geschieht, kann es nur als blosser Zufall betrachtet werden, und doch ist hier wie überall bei den Protisten ein directer Zusammenhang der Verschmelzung mit der Fortpflanzung nicht zu leugnen.

Weiter hinauf bis zu ihrer vollen Ausbildung bei den Thieren können wir diese ersten Anfänge der Sexualität nicht verfolgen, da bekanntlich uns fast alle Uebergangsstufen fehlen und die wenigen erhaltenen gerade in dieser Beziehung nicht genügend erforscht sind.

c. Ausbildung der Sexualität.

Auch die Pflanzen, die Algen, gewähren uns wenige Anhaltspunkte, den Faden dieser aufsteigenden Entwickelung zu erkennen. Unter Berücksichtigung einiger allgemein durchgreifender Thatsachen, wie der wenigen Beobachtungen an den Algen, die geeignet sind uns zu leiten, ist es jedoch möglich, wenigstens in grossen Umrissen das Bild der allmäligen Ausbildung der Sexualität zu reconstruiren.

Die Hauptbedingung für die Fortentwickelung derselben ist in der höheren Individualitätsstufe gegeben, auf welche die Volvocineen gegenüber den Conjugaten und Schizophyceen zu stehen kommen. War das actuelle Bion dieser die Zelle, so ist es bei jenen durch das Organ repräsentirt, dessen Natur als solches aus der in ihm herrschenden Arbeitstheilung und der Existenz einer Wachsthumsgrenze für den ganzen Zellenkörper hervorgeht. Die Zellcomplexe der Conjugaten entbehren dieser beiden fundamentalen Kriterien und documentiren sich dadurch nur als Zellcolonien. Erst mit der in einem und demselben Bion gegebenen Arbeitstheilung ist, wie wir schon bei Betrachtung der Infusorien andeuteten, die Herausbildung zweier bestimmt differenzirter Zeugungsstoffe ermöglicht, infolge dessen nun fast jede Fortpflanzungszelle der einen Gruppe mit jeder der anderen unterschiedslos erfolgreich zu copuliren vermag.

Auf diesem Stadium ist Pandorina noch nicht angelangt; hier sind Zeugungselemente der verschiedensten Grössen vorhanden, was doch nur der äusserliche Ausdruck ebenso vieler innerer Differenzirungen ist. Es verschmelzen grosse mit grossen, kleine mit kleinen, grosse

mit kleinen, woraus zu schliessen, dass, durch die zahlreichen sehr verschiedenen Differenzirungen bedingt, individuell sehr differente chemisch-physikalische Processe die verschiedenen Verschmelzungsacte begleiten, also nicht ein im wesentlichen gleicher chemisch-physikalischer Vorgang sich überall wieder abspielt, sondern die einzelnen Copulationen sich in dieser Hinsicht sehr von einander unterscheiden. Demgemäss werden auch wie bei den Infusorien nur wenige bestimmte Zellen erfolgreich mit einander copuliren können.

Volvox weist die ausgebildete Sexualität auf: die kleine bewegliche Spermazelle und das grosse ruhende Ei. Jede männliche Zelle kann mit geringen Ausnahmen, welche durch ihre Abstammung bedingt sind, befruchtend auf jede weibliche Zelle einwirken. An Stelle der mannigfachen individuell chemisch-physikalisch verschiedenen Copulationsacte ist ein einziger, in den einzelnen Fällen nur wenig variirender getreten, — so müssen wir wenigstens folgerecht vermuthen.

Diesen Typus der Sexualität finden wir durch das ganze höhere Organismenreich; ja, sogar die kleine bewegliche Spermazelle und das grosse unbewegliche Ei zeigen sich in den verschiedensten Klassen ausgebildet, bei den weitaus meisten Kryptogamen wie bei fast allen Metazoen. Wir sind daher gezwungen zu folgern, dass alle übrigen Befunde, wie z. B. der bei den Phanerogamen, ursprünglich aus jenem hervorgegangen sind, und dass also jene so eigenthümliche äussere Differenzirung der Zeugungsstoffe ihre Ursache in den allgemeinen Bedingungen und Eigenschaften des complicirteren Organismus selbst hat und daher auch für die Ausbildung der Sexualität nicht bloss von äusserer sondern vor allem von innerer Bedeutung ist.

Es kann sich natürlich hier, wie in diesem ganzen Capitel, vorläufig nur darum handeln, die darwinistische Ursache aufzudecken, d. h. die Ursache, welche, die Entstehungsursache schon voraussetzend, die Fixirung dieser typischen Differenzirung in so verschiedenen Organismenreihen bewirkte und daher in allgemeinen Organisationseigenthümlichkeiten zu suchen sein wird.

Welcher Vortheil also, so haben wir zu fragen, konnte eine solche Variation dauernd befestigen?

Denken wir uns zwei ganz gleiche, individualisirte Plasmastücke, jedes von der Masse m, beide um 2 x von einander entfernt. Bewegen sich nun beide mit gleicher Beschleunigung auf einander zu, so hat jedes von beiden die Strecke x zurückzulegen, damit sie sich

treffen. Um m um x mit dieser Beschleunigung fortzubewegen, sei die Kraft p nothwendig. Es wird also im Ganzen, um beide Plasmastücke bis zur Berührung zu nähern, eine Kraft $= 2$ p erforderlich sein. Diese Kraft 2 p wird auch aufgewendet werden müssen, sobald das eine Plasmastück in Ruhe bleibt, während das andere sich bis zur Vereinigung mit ihm auf dasselbe zubewegt. Denn die Kraftersparniss, welche durch die Bewegung nur der halben Masse veranlasst werden würde, wird durch den doppelt so grossen Weg wieder aufgehoben. Wird nun aber die bewegliche Plasmamasse n Mal so klein als sie bisher war, also $= \frac{m}{n}$, und wird die andere ruhende so gross, dass das Resultat dasselbe wie bisher $= 2$ m bleibt, wächst sie also auf $\frac{m\,(2n-1)}{n}$, so ist leicht einzusehen, dass die zur Vereinigung beider Plasmamassen erforderliche Kraftmenge auch $\frac{1}{n}$ der früher hierzu verbrauchten ist, demnach $= \frac{2p}{n}$. Diese Schlüsse resultiren aus dem physikalischen Satz, dass caeteris paribus die Kraft der zurückgelegten Strecke wie der Masse direct proportional ist.

Während also die Masse der vereinigten Plasmen dieselbe geblieben ist wie vorher, ist der Aufwand an Kraft ein weit geringerer geworden, der in directem Verhältniss mit der Masse des zu bewegenden Plasma abnimmt. Nun bewegen sich die beweglichen Fortpflanzungszellen automatisch; die motorische Kraft ist nichts als umgewandelte Wärmebewegung, welche das lebensthätige Plasma erzeugt. Nach dem Gesetze der Erhaltung der Energie sind bei der Umsetzung der verschiedenen Kräfte in einander dieselben sich stets quantitativ direct proportional; also je grösser hier die verbrauchte motorische Kraft, eine desto grössere Wärmemenge wird erfordert. Nun entsteht diese infolge der Oxydation der lebensthätigen Materie, daher wird nach demselben Gesetz die Masse oxydirten Plasmas in gleichem Maasse grösser sein müssen, in dem die aufgewandte Wärmemenge, in dem also auch die aufgewandte motorische Kraft zunimmt. Ist daher diese n Mal so klein als früher, so wird auch die Masse oxydirter lebensthätiger Materie, also der Stoffverlust ein n Mal so kleiner sein. Daher bleibt da die grösste Menge Plasma erhalten, wo die bewegliche Zelle möglichst an Masse abnimmt, wie anderer-

seits die ruhende wächst. — Der Umstand nun, dass bei den Volvocineen die geschlechtliche Generation nur im Herbst, als die letzte, auftritt, weist unzweifelhaft darauf hin, dass neben der neuen hohen Bedeutung, welche die Verschmelzung zweier Zellen hier für das Leben der ganzen Gattung gewonnen, auch die ursprüngliche sich noch erhalten hat, die in der Erzielung einer möglichst dichten Membran besteht. Dasselbe ist für die weitaus meisten Chlorophyceen mit ausgebildeter Sexualität vorauszusetzen, da auch bei ihnen die geschlechtlichen Zeugungsstoffe nur in der letzten Generation einer Vegetationsperiode producirt werden. Demgemäss werden auch jetzt noch im Kampf ums Dasein diejenigen am günstigsten gestellt sein, welche alle Einrichtungen besitzen, die auf die Erhaltung einer möglichst grossen Plasmamasse in der Zygote gerichtet sind. Somit wird auch die Differenzirung der Gameten in kleine bewegliche und grosse ruhende als eine solche Einrichtung befestigt worden sein. Und ist auch bei den Melanophyceen diese Bedeutung geschwunden und bei den Metazoen überhaupt nie vorhanden gewesen, so wird es doch auch hier von hohem Vortheil sein, wenn in der befruchteten Eizelle möglichst viel Plasma enthalten ist, da dadurch die Entwickelung zum ausgebildeten Organismus beschleunigt, und so feindlichen, äusseren Eingriffen in dieser Zeit weniger Spielraum und Gelegenheit geboten wird.

Diese Differenzirung stellt ein bedeutsames Glied in der Entwickelung der Sexualität dar. Um das zu erkennen, müssen wir von dem Befund bei Pandorina ausgehen, wo, wie wir gesehen, viele mannigfaltige Differenzirungen der einzelnen Gameten vorhanden sind, die auf fast ebenso viele chemisch-physikalisch verschiedene Copulationsacte schliessen lassen. Stellen wir uns vor, es zerfielen die Mutterzellen der Gameten, welche hier miteinander fruchtbar verschmelzen können, in der einen Partei in sehr viele, daher sehr kleine Gameten, die in der anderen in wenige grosse. Nun bewegten sich jene zu diesen, so wäre die besprochene Variation gegeben und würde sich infolge der durch sie verursachten oben ausgeführten Vortheile fixiren. Je kleiner nun bei den Nachkommen der so variirten Individuen die beweglichen und je grösser die unbeweglichen Gameten werden, desto grösser ist auch der daraus entstehende Vortheil für die Erhaltung der Art, desto mehr wird diese Variation befestigt.

Dass wirklich auf solche Weise die sexuelle Differenzirung entstanden, indem nämlich die einen Mutterzellen in viele, die andern

in wenige Gameten zerfielen oder auch ungetheilt blieben, beweist die Entwicklung der Geschlechtszellen von Volvox. Während hier die Zellen der letzten Sommergeneration, welche die Eier liefern, sich nicht theilen, gehen in den Spermamutterzellen die Theilungen in der gleichen Weise vor sich, „als ob eine ungeschlechtliche Colonie gebildet werden sollte". Dies bezeugt mit unumstösslicher Sicherheit, dass die Sperma erzeugenden Zellen, also auch die Spermazelle selbst, sich ursprünglich in nichts von jeder andern individuell differenzirten Zelle der vorhergehenden ungeschlechtlichen Sommergeneration unterschieden, die durch regelmässig erfolgte Theilung neue Volvoxindividuen in sich bilden, und dass die geschlechtliche Differenzirung nur dadurch entstand, dass in der einen Mutterzelle der letzten Generation allmälig diese Theilungen unterblieben.

War nun einmal die äusserliche sexuelle Differenzirung fixirt, so hatte sie bald die innere zur Folge. In gewisser Hinsicht wird diese schon als anfänglich vorhanden angenommen werden müssen, denn es muss unter den sich in viele Gameten theilenden, also Sperma bildenden Zellen einerseits wie unter den wenige Theilproducte liefernden, spätern Eimutterzellen andrerseits eine gewisse Aehnlichkeit der Micellarstructur vorausgesetzt werden eben wegen dieses übereinstimmenden Verhaltens in der Entwicklung. Infolge des constanten Unterschiedes in Grösse und Verhalten bei der Copulation, wurde nun auch die Rolle, die jedes der beiden Elemente im eigentlichen physikalisch-chemischen Act zu spielen hatte, eine specifisch von der des andern verschiedene, und so muss vorausgesetzt werden, dass sich noch andere gleiche Eigenschaften in der Micellarstructur jeder der beiden Parteien sich allmälig herausgebildet, die dann wieder die eine fundamental von der andern unterschieden, was auch als von jenem ersten Unterschied bedingt betrachtet werden kann. So wird, so viel wir heut erkennen können, getreu dem Princip der möglichst grossen Kraft- und Stofferspamiss, die ruhende Zelle zur Aufspeicherung der Reservestoffe für die Ernährung des Embryo verwandt worden sein, während die kleine bewegliche Spermazelle von solchen Stoffen möglichst entlastet wurde, und nur die zur Befruchtung nothwendigen in sich behielt. Auf diese Weise gingen zwei grosse Reihen von Zeugungsstoffen hervor, jede in sich bestand zuletzt aus ziemlich gleichen Elementen, so dass die der einen fast unterschiedlos erfolgreich mit denen der andern verschmelzen konnten, an Stelle der

vielen Differenzirungen traten also zwei, die mannigfachen chemisch-physikalisch verschiedenen Copulationsacte wurden durch einen sich wesentlich gleichbleibenden ersetzt.

Fragen wir nach der Natur der Geschlechtszellen, der Beschaffenheit ihres Plasmas, so fällt die Antwort darauf heut noch sehr ungenügend aus; was wir hiervon erkennen können, ist sehr wenig. Einige durch alle Organismen mit ausgebildeter Sexualität verbreitete Thatsachen lassen uns nur bis zu einem gewissen Grade auf das Wesen der Genitalstoffe schliessen.

Wir bemerken fast durchgehends die Entwicklungs- und Fortpflanzungsunfähigkeit jeder Sexualzelle für sich allein, woraus wir nach unseren früheren Betrachtungen über die Eigenschaften des Plasma überhaupt folgern müssen, dass sie auch selbstständiger Ernährung und selbstständigen Wachsthums unfähig ist. Kurz alle diese Beobachtungen weisen darauf hin, dass das Plasma der Geschlechtszellen nicht indifferent, sondern differenzirt ist.

Hat der Gesammtorganismus die Individualitätsgrenze überschritten, so zerfällt er überall da, wo seine sämmtlichen Elemente (wie bei Volvox) sich zu Geschlechtszellen umbilden, in seine einzelnen Bestandtheile, während da, wo die Production von Sexualstoffen auf gewisse Zellen beschränkt ist, diese sich aus dem Verband des Organismus loslösen, der im Uebrigen unverändert fortbesteht. Hieraus erhellt, dass die Geschlechtszellen bei weitem nicht so eng an den Organismus gebunden sind als die andern. Da nun mit der Höhe der Differenzirung der einzelnen Zellen die Höhe, die Intensität der Arbeitstheilung zunimmt, mit der Steigerung dieser die constituirenden Elemente untrennbarer, enger aneinander schliessen, so bleibt bei der Ausnahmestellung der Geschlechtszellen im hochentwickelten Organismus nichts übrig als anzunehmen, dass diese weit geringer differenzirt sind als alle übrigen Zellen, welche jenen Pflanzen- oder Thierkörper aufbauen. Die Sexualelemente sind daher immer und überall als nur wenig differenzirt aufzufassen.

Wenn wir, soweit es unserer gegenwärtigen Einsicht offen steht, die Beschaffenheit des befruchteten Eies und die des unbefruchteten vergleichen, werden wir uns wenigstens einen ungefähren Begriff auch von der Wirkungsweise der Befruchtung machen können. Das befruchtete Ei ist im Gegensatz zum unbefruchteten entwicklungsfähig, daher auch vermögend sich selbstständig zu ernähren und zu wachsen,

also undifferenzirt. Daher ist die Wirkung der Befruchtung die Ueberführung des Eiplasma in einen Micellarzustand, der eine selbstständige Ernährung ermöglicht; sie macht dasselbe indifferent. — Ausserdem hat sie noch, zumal im mehrzelligen Organismus, die Wirkung die unter dem dunklen Begriff der Vererbung zusammengefassten formgestaltenden Kräfte auszulösen, welche als vorher im Ei wie im Sperma potentiell vorhanden angenommen werden müssen und nach der Befruchtung im Laufe der Entwicklung zur äussern Bethätigung gelangen.

Das ist alles, was wir heut über diese höchst wesentlichen Vorgänge aussagen können.

Da wir gesehen, dass dieser letzte Schritt zu der höchsten Entwicklung der Sexualität aus der allgemeinen Natur des Organismus heraus erfolgt, so werden wir annehmen können, dass er in ganz gleicher Weise in jeder andern Entwicklungsreihe der Sexualität vor sich ging, um so mehr als das Auftreten der Arbeitstheilung, die eigenthümliche Gestalt der beiderlei Geschlechtselemente wie ihre constante Grössendifferenz und die Thatsache der Homologie der Spermamutterzelle und der Eizelle, worauf unsere Ableitung vornehmlich fusst, zu den wenigen Erscheinungsreihen gehören, welche sich fast ausnahmslos durch die gesammte höhere Lebewelt hindurch erstrecken. Wir werden demgemäss ein Volvox entsprechendes Stadium auch für die Entwicklung der thierischen Sexualität vermuthen dürfen, also ein Stadium, das zuerst die in der oben beschriebenen Weise ausgebildete Sexualität aufwies, auf welchem jede Zelle des Organismus noch befähigt war sich in ein Sexualelement umzuwandeln. — Hier begegnen wir erfreulicher Weise mit dieser unserer Folgerung einem theoretischen Postulat, zu welchem man auf ganz anderem Wege von anderer Seite gelangte. Auf Grund ihrer Untersuchungen über die Genese der Sexualstoffe bei den Coelenteraten kamen O. und R. Hertwig zu dem Schluss (16), dass die Urform dieses Phylums wie der Metazoen überhaupt, eine Gastraea gewesen sein müsse, welche in beiden Keimblättern beiderlei Zeugungsstoffe bereitete. Es müssen daher beide Zellschichten noch ziemlich undifferenzirt gewesen sein, also jede Zelle muss imstande gewesen sein, Geschlechtselemente zu liefern. Diese Bestätigung ist noch von besonderer Bedeutung, weil wir durch sie ungefähr die Stufe in der Metazoenentwicklung

erkennen, auf welcher die Sexualität eben ihre Ausbildung erlangt hatte, und einsehen, dass erst verhältnissmässig spät diese eintrat, höchst wahrscheinlich mit dem Erscheinen der ersten Metazoenform.

Von den Volvocineen an aufwärts brauchen wir die Sexualität nicht weiter zu verfolgen, es treten keine neuen Momente ein, welche sie in ihrem Wesen berühren.

Doch eine Veränderung von grösserer Bedeutung, welche sie noch in der Abtheilung der Algen erfährt, ist die Beschränkung der Sexualstoffe bildenden Zellen auf einige relativ kleine Zellcomplexe im Organismus der höheren Algen, hauptsächlich der Melanophyceen. Da nun die Differenzirung der Geschlechtszellen ihre enge Grenze hat, die der übrigen Zellen des Organismus aber unbegrenzt ist und mit der weiteren Entwicklung immer höher steigt, so dass die Arbeitstheilung immer vollständiger wird, so werden endlich die Zeugungselemente von der allgemeinen Lebensleistung des Organismus, soweit sie auf dessen Selbsterhaltung gerichtet ist, gänzlich ausgeschlossen und nur fähig das ihnen zukommende Grössenmaass zu erreichen durch Aufnahme der infolge der Lebensthätigkeit des ganzen Organismus assimilirten Nahrung. *So werden mit steigender Differenzirung desselben die Geschlechtsproducte immer abhängiger von ihm, immer unfähiger der Ernährung durch eigene Nahrungsassimilation. Man kann sie vielleicht Parasiten vergleichen, welche mit der längeren Dauer ihrer schmarotzenden Lebensweise immer unselbstständiger in ihrer Lebensführung werden.* Welchen Einfluss dieser Umstand auf die Gestaltung der Sexualitätsverhältnisse bei den höheren Organismen geübt hat, werden wir sogleich einsehen.

Nachdem wir an der Hand der Erscheinungsreihen bei den Algen uns ein ungefähres Bild von der Entwicklung und dem Wesen der Sexualität gemacht haben, gehen wir zum Zweck der ferneren Betrachtung derselben zu den Thieren über, welche sie zwar schon völlig ausgebildet zeigen, aber in den verschiedenen Modificationen der entwickelten Sexualität weit klarer die herrschenden Gesetze erkennen lassen als die Pflanzen.

Die Ursprungsstätte der Geschlechtselemente in der Metazoengruppe ist eine verschiedene. Entweder entstammen beide Zeugungsstoffe einem Keimblatt, oder, was jedoch sehr selten ist, die Zellen des einen Geschlechts entwickeln sich aus dem Ectoblast, die des

andern aus dem Entoblast. Noch andere Unterschiede in ihrer Entstehungsart machen sich bemerkbar. Sehr oft geschieht die Abschnürung derselben sehr zeitig: bei manchen Arthropoden (Chironomus, Cecidomyia) zu einer Zeit, wo noch keine Furchung im Ei stattgefunden hat, bei andern sobald das siebzehnzellige Furchungsstadium (Moina rectirostris) erreicht ist, oder sobald die Gastrula (Chaetognathen) gebildet ist; endlich giebt es Thiere, bei denen die erste Abschnürung der Sexualproducte erst sehr spät vor sich geht, wenn schon fast alle andern Organe angelegt und zum grossen Theil ausgebildet sind (Platygaster, Lymnaeus). Die Zeugungsstoffe können aus einer einzigen Zelle hervorgehen, welche nur den Genitalapparat liefert (Nematoden, Moina u. a.), oder sie entstehen aus einigen wenigen, oder aus zahlreichen, verschiedenen Mutterzellen entstammenden Zellen. Noch ein Umstand bleibt in der Entwicklung der Sexualelemente zu berücksichtigen. Diese sind nämlich bei den höheren Metazoen stets von einem Epithel umhüllt, zu welchem sie in einem verschiedenen genetischen Verhältniss stehen können. Dieses sogenannte Keimepithel ist entweder durch Anlagerung von Mesoblastzellen an die eigentlichen Geschlechtszellen entstanden, so dass das Epithel mit diesen keine directe verwandtschaftliche Beziehung zeigt (Chironomus, Cecidomyialarve), oder Epithelzellen und Sexualelemente sind aus einer gemeinsamen Anlage entsprungen, oder letztere sind Derivate, Theilproducte der ersteren. Der zweite Fall findet sich in der Entwicklung der Genitalien der Musciden (17), Lepidopteren (18) u. a., während der letzte z. B. bei den Arachniden (19) statt hat. Wir sehen somit dass alle drei Modificationen bei ziemlich nahe verwandten Gruppen vorkommen, was auch leicht erklärlich, wenn man bedenkt, wie unmittelbar der Uebergang von der einen zur andern ist. Setzen wir den ersten angeführten Fall als den ursprünglichen. Im Grunde sind doch auch hier die das Keimepithel bildenden Mesoblastzellen Abkömmlinge derselben Mutterzelle, von welcher die Sexualelemente stammen, eine verzögerte Trennung beider Zellgruppen wird also den zweiten Fall herbeigeführt haben. Wurde durch irgend welche unbekannte Ursachen die Abschnürung und Ausbildung der Geschlechtszellen noch weiter hinausgeschoben, so werden die wenigen Mutterzellen derselben in das sich entwickelnde Epithel eingebettet und von ihm umwuchert worden sein, und so war der dritte Fall gegeben.

Wir haben oben gesehen, dass je höher die Differenzirung der übrigen Organe, desto abhängiger vom Organismus, unfähiger der Ernährung durch eigene Nahrungsassimilation, der selbstständigen Lebensführung, werden die Zeugungselemente. Es wird daher mit steigender Differenzirung für die Erhaltung der Art nothwendig werden, dass die Zeit, welche die Sexualzellen abgelöst vom Organismus bis zu ihrer Vereinigung zu einem neuen Individuum zuzubringen haben, möglichst abgekürzt werde. Diesem Postulat aus unserer Anschauung entsprechend finden wir bei fast allen Coelomiern Einrichtungen, welche eine sichere und schnelle Verschmelzung beider Geschlechtsproducte ermöglichen, während solche Apparate den niedriger organisirten Coelenteraten fehlen. Ueberall bei jenen sind besondere Ausführcanäle mit contractilen Wandungen angelegt, welche die beiderlei Sexualelemente zusammenführen. Diese Ausführgänge entstehen aus Zellen der Sexualanlage oder aus Mesodermzellen, ihr letzter nach aussen mündender Abschnitt wird fast immer von einer Einstülpung des Ectoblasts gebildet. Die Vollkommenheit und die Differenzirung dieser Leitungsbahnen nimmt im Einklang mit unserer Schlussfolgerung im allgemeinen in dem Maasse zu, wie der Organismus höher ausgebildet wird.

Bei den höheren Metazoen, bei denen Kreuzung stattfindet, sind mannigfache Einrichtungen getroffen, damit möglichst schnell und sicher die Geschlechtselemente der verschiedenen Individuen zusammengebracht werden können. Viele wasserbewohnende Thiere bedürfen hierzu keines besonderen Organs, sondern das Wasser wirkt als Träger der Zeugungsstoffe. Andere jedoch sind im Besitz von Copulationsorganen, welche zur Einführung des Sperma in den weiblichen Organismus dienen. Andere sind mit Apparaten versehen, um kleine Behälter für die männlichen Geschlechtszellen zu bilden (Spermatophoren), da aus irgend welchen Ursachen, oft auch wegen Mangels besonderer Copulationsorgane, das ausgeschiedene Sperma längere Zeit braucht, ehe es zur Verschmelzung mit dem Ei gelangen kann. Wir finden daher zuweilen einen gewissen Antagonismus in dem Vorkommen der Copulationsorgane und der Spermatophorapparate; so besitzen in der Abtheilung der Myriapoden die Chilognathen fast sämmtlich ausgebildete Penes und Vulvae, üben immer die Begattung, während die Chilopoden jene Organe entbehren, sich nicht begatten, sondern das Sperma in

Spermatophoren einschliessen, welche vom Weibchen aufgenommen werden. Oft aber auch, wie bei den Decapoden, sind Copulationsorgane und Spermatophoren gleichzeitig vorhanden.

Noch verschiedene andere Apparate sind zumal mit dem weiblichen Genitalsystem im Thierreich verbunden: solche, welche das Ei mit Nahrungsdotter für den Embryo versehen (Dotterstöcke), oder Organe, die das bei der Begattung erhaltene Sperma aufbewahren (Receptacula seminis), oder Drüsen, welche das befruchtete Ei mit fester Schale umhüllen und es so vor ungünstigen äusseren Einflüssen schützen (Eiweissdrüsen).

Im Pflanzenorganismus, selbst im höchst ausgebildeten, ist die Differenzirung eine weit schwächere, als im thierischen, die Arbeitstheilung weit unvollständiger, daher auch die Einheit des Individuums eine lockerere. Es bleibt also auch die Betheiligung der wenig differenzirten Sexualzellen an der allgemeinen Lebensleistung eine grössere, da doch alle Zellen schwach differenzirt sind, folglich sind jene hier noch eher imstande durch eigene Nahrungsassimilation sich zu ernähren und einer selbstständigen Lebensführung fähiger. Wir dürften demnach hier bei weitem nicht so complicirte, vollkommene Apparate erwarten, welche zur schnelleren Vereinigung der beiderlei Zeugungsstoffe dienen sollen. Diese Consequenz aus unserer Anschauung bestätigt uns schon ein flüchtiger Blick auf den anatomischen Bau der Genitalorgane der Pflanzen. In der Reihe der Kryptogamen bemerken wir weder besondere Ausführcanäle noch besondere Apparate zur Uebertragung des männlichen Geschlechtselementes. Ueberall ist, wie bei den in flüssigen Medien lebenden Thieren, das Wasser der Träger der Zeugungsstoffe. Nur wenige kryptogame Pflanzen, wie die Conjugaten u. a., machen hiervon eine Ausnahme. Auch die höher organisirten Pflanzen, die Phanerogamen, überlassen zum grossen Theil das Werk der Vereinigung der beiderlei Sexualzellen dem umgebenden Medium, der Luft. Verhältnissmässig wenige Pflanzen haben anatomische Einrichtungen, welche darauf hinzielen, die Geschlechtselemente schnell und sicher zusammenzuführen, aber doch immer noch so unvollkommen sind, dass sie, um die Vereinigung zu ermöglichen, fremder Hilfe bedürfen, die doch mehr oder weniger vom Zufall abhängt. Solche Einrichtungen sehen wir in den farbigen und duftenden Blüthen vor uns, welche Nahrungsstoffe für verschiedene Insecten bereiten, die dann durch diese Lockmittel angezogen

die Blüthen besuchen und den Pollen von einer auf die andere übertragen.

Fassen wir zum Schluss die Hauptresultate dieses Capitels noch einmal kurz zusammen. Zwei Mal, das eine Mal unabhängig vom andern, ist die Sexualität in der Organismenwelt entstanden; ein Mal im Pflanzenreich, das andere Mal im Protistenreich, um dann im Thierreich ihre völlige Entwickelung zu erlangen. Die ersten Anfänge der Sexualität sind beide Male in der Verschmelzung zweier indifferenter gleicher Plastiden zu suchen, welche sich verbinden, um die Individualitätsgrenze zu erreichen. Die Ursache der Fixirung dieses Vorganges ist beide Male der Schutz, den seine Folgen der Art gegenüber schädlichen äusseren Einflüssen gewähren. Genauer betrachtet sind dann allerdings die Ursachen beide Male je nach der typischen Organisation jedes der beiden grossen Lebereiche verschieden. Die Pflanzen erreichen die Erhaltung der Art durch Schützung des Individuums, die Thiere, resp. Protisten mit thierischem Stoffwechsel, durch Production möglichst vieler Individuen. Doch ist das Endziel dieser beiden grossen Entwicklungsreihen das gleiche. Die Organismen mit ausgebildeter Sexualität weisen zwei von einander constant verschiedene Reihen wenig differenzirter Zellen auf, die meist derartig gebaut sind, dass der Verlust an Plasma infolge der für die Herstellung der Vereinigung nothwendigen automatischen Bewegung ein möglichst kleiner ist. Dementsprechend sehen wir, dass bei allen Lebewesen mit selbstständiger Bewegung der Geschlechtselemente diese einerseits aus der kleinen beweglichen männlichen, andererseits aus der grossen ruhenden weiblichen Plastide bestehen. Die Vereinigung beider Stoffe veranlasst in der Eizelle einen chemisch-physikalischen Process, welcher sie selbstständig ernährungs- und wachsthumsfähig macht, also die Indifferenz ihres Plasma zur Folge hat, sowie auch die mit dem Collectivbegriff der Vererbung bezeichneten formbildenden Kräfte, welche vorher im potentiellen Zustand im Ei wie im Sperma schlummerten, zu actuellem Leben erweckt.

III.

Hermaphroditismus und Gonochorismus.

Wir versuchen nun Erscheinungen unter bestimmte Gesetze zu bringen, welche auf den ersten Anblick das Spiel regelloser Willkür scheinen. Es ist uns kein anderes Unternehmen bekannt den Hermaphroditismus und den Gonochorismus in ihrem Vorkommen gesetzlich zu fassen, und so wird natürlich dieser wie jeder erste Versuch besonders an dem Fehler unzureichenden Materials leiden, ein Mangel, welcher sich überall da geltend macht, wo noch keine Untersuchungen auf ein bestimmtes Ziel, in einer bewussten Idee, angestellt worden sind.

Von unserer Betrachtung schliessen wir zunächst alle jene Erscheinungen aus, welche unter dem Namen der androgynen Missbildungen bekannt sind und besonders bei den Arthropoden vorkommen, denn sie sind weder eine Form wirklichen Hermaphroditismus noch wegen ihrer Unfruchtbarkeit ein Entwicklungsstadium desselben. W i r v e r s t e h e n u n t e r H e r m a p h r o d i t i s m u s d i e V e r e i n i g u n g d e r a u s g e b i l d e t e n S e x u a l d r ü s e n b e i d e r l e i G e s c h l e c h t s z u g l e i c h e r Z e i t a u f d e m s e l b e n I n d i v i d u u m, w o h l v e r s t a n d e n d i e V e r e i n i g u n g d e r **ausgebildeten** S e x u a l d r ü s e n, d i e a l s o e i n e S e l b s t b e f r u c h t u n g o d e r e i n e W e c h s e l k r e u z u n g z u r F o l g e h a t. Ausserdem beschränken wir unsere Betrachtungen mit geringen Ausnahmen auf die actuellen Bionten, da, wie leicht einzusehen, die partiellen von den Veränderungen des ganzen Organismus zu sehr abhängen, als dass für sie die aufzustellenden Gesetze von Bedeutung sein könnten. Auch ist es nicht möglich alle Individualitätsstufen der actuellen Bionten zu berücksichtigen; die Plastide wird von vornherein ausgeschlossen sein, weil hier nach dem im II. Capitel Ausgeführten von Hermaphroditismus nicht die Rede sein kann, auch die

höchste Individualitätsstufe, den Cormus, lassen wir ausser Acht, da er auf zu wenige Gruppen beschränkt ist, und eine vergleichende Betrachtung daher heut noch resultatlos sein würde. Wir grenzen also den Kreis unserer Untersuchung genau auf die actuellen Organe und Personen ab.

Zwei sich stets entgegenarbeitende Gesetze, welche den allgemeinen der Anpassung und Vererbung entsprechen, bestimmen das Auftreten des Hermaphroditismus und des Gonochorismus, und sie haben deshalb demselben den Schein eines regellosen Spieles gegeben.

Das erste Gesetz ergiebt sich schon als blosse Consequenz aus unserer Anschauung vom Verhältniss der Geschlechtszellen zum Gesammtorganismus. Ernähren sich dieselben allein von den durch die Lebensthätigkeit des letztern assimilirten Stoffen, so wird jede Veränderung der Assimilation des Organismus durch irgend welche äussere Ursachen sich sogleich an der Entwickelung der Sexualelemente bemerkbar machen. Eine Verstärkung oder Schwächung der Assimilationsthätigkeit wird auf den Grad der Ausbildung der Zeugungsstoffe von Wirkung sein und eine stärkere oder schwächere Entwicklung derselben herbeiführen. Daher wird auch die Menge der vorhandenen Nahrung das Maass der Ausbildung der Geschlechtszellen beeinflussen; Ueberfluss an Nährmaterial wird eine üppige, Mangel daran eine kümmerliche Entwickelung herbeiführen, oder diese fast ganz unterdrücken, denn es ist klar, dass die in die Arbeitstheilung hineingezogenen Zellen, welche mit einander in enger Verbindung stehen, zur Unterhaltung des eignen Stoffwechsels in diesem Fall alle assimilirte Nahrung vorwegnehmen werden. Ebenso werden Licht und Temperatur wirken. Andere äussere Bedingungen, welche nicht den Grad, sondern die Art der Assimilation beeinflussen, dieselbe modificiren, werden auch demgemäss die Sexualzellen verändern. Das Wie können wir aber nicht a priori bestimmen, da uns die Physik und Chemie der Zeugungsstoffe noch völlig verschlossen ist.

Dieses aus unserer Anschauung folgende Gesetz können wir das Gesetz der Abhängigkeit der Geschlechtszellen von der Aussenwelt nennen.

Leider sind die Beobachtungen über diese Erscheinungen noch so dürftig, dass wir, mit Ausnahme des ersten angeführten Punktes, keine ausreichende inductive Begründung geben können, geschweige

uns ein Bild von der Veränderung der Sexualelemente bei einer Modification der Assimilation machen können.

Für den ersten Fall, die Abhängigkeit des Entwicklungsgrades der Geschlechtszellen von der Stärke der Assimilation, sind Thatsachen aus den verschiedensten Gebieten der höheren Lebewelt bekannt. Wir führen hier nur das am meisten in die Augen fallende Beispiel an. Sowohl die Arbeiter wie die Königinnen der Bienen gehen aus befruchteten Eizellen hervor, die ersteren unterscheiden sich bekanntlich hauptsächlich von letzteren durch ihre Unfruchtbarkeit, sie haben zwar ein Ovar, produciren aber keine befruchtungsfähigen Eier. Diese verschiedene Entwicklung ist allein durch die verschiedene Nahrung im Jugendzustande bewirkt worden; die Königinnen erhalten besseres Futter als die Arbeiter. Dass dies die einzige Ursache der verschiedenen Entwicklung der Geschlechtsorgane ist, wird dadurch bewiesen, dass man zu Arbeitern bestimmte Larven nachträglich durch künstliche Fütterung fortpflanzungsfähig gemacht hat.

Für den Einfluss der Assimilation auf die Art der Ausbildung der Sexualelemente liefern die Arthropoden ebenfalls Beispiele. Sobald im Herbst Nahrungsmangel eintritt, die Temperatur sinkt, werden bei den im Sommer sich ungeschlechtlich fortpflanzenden Cladoceren und Aphiden plötzlich Männchen gebildet, welche die Weibchen befruchten, worauf die sogenannten Wintereier abgelegt werden. Dass dies kein nur durch Vererbung bedingter periodischer Wechsel solcher parthenogenetischer und befruchtungsbedürftiger Generationen ist, beweist der Umstand, dass man bei günstiger Temperatur und ausreichender Nahrung vier Jahre hindurch parthenogenetische (vivipare) Aphiden in ununterbrochener Folge gezüchtet hat. Auch will Landois durch künstliche Abkühlung und Nahrungsmangel die Aphiden zur Männchenbildung veranlasst haben. Ebenso hat man experimentell nachgewiesen, dass die Entwicklung der Männchen der Daphniden allein dadurch verursacht wird, dass das Wasser entweder austrocknet, oder sich chemisch verändert (durch faulende Substanzen) oder ungünstige Temperaturgrade erreicht (20). — Diese Thatsachen lehren, dass die Veränderung der Assimilation schon auf die Zeugungsstoffe der noch im Ei befindlichen Generation einwirken kann, und zwar so dass ein Herabdrücken ihrer Energie an Stelle der weiblichen Sexualelemente die Ausbildung männlicher veranlasst.

Noch in einer andern Weise äussert sich die Abhängigkeit der Entwicklungsart der Geschlechtszellen von der Assimilation. Wir finden oft in den verschiedensten Organismengruppen, welche gewöhnlich gonochoristisch sind, Zwitterindividuen, — so, um von vielen Beispielen eines herauszugreifen, bei Unio unter den Mollusken, wo das Vorkommen von Hermaphroditen so häufig ist, dass man lange Zeit glauben konnte, diese Gattung wie die ganze Classe der Lamellibranchier sei zwitterig. Andererseits treten häufig bei zwitterigen Thier- oder Pflanzengruppen getrennt geschlechtliche Individuen auf. Man wird dies allerdings zum nicht geringen Theil auf Atavismus zurückführen können, aber wir glauben doch, dass ein anderer ebenfalls nicht geringer Theil der Einwirkung äusserer Existenzbedingungen auf den Organismus zuzuschreiben ist, besonders also ein Werk der Abhängigkeit der Geschlechtsproducte von der Assimilation ist, zumal oft genug solche Ausnahmen sich in gewissen Gruppen zeigen, wo sie wohl kaum einst Regel gewesen sein können.

Leider ist uns nur ein Fall bekannt, welcher unsere Vermuthung zu stützen geeignet ist, und ganz klar die Abhängigkeit jener beiden Erscheinungsformen der Sexualität von äusseren Bedingungen erkennen lässt. Einen solchen weist die geschlechtliche Generation der Farne, das Farnprothallium, auf. Man unterscheidet ihrer Entwickelung und ihrem anatomischen Bau nach meristische und ameristische; erstere sind solche, welche ein besonderes Theilungsgewebe besitzen, welches von dem übrigen differenzirten, untheilbaren Zellgewebe auch äusserlich verschieden ist, während die ameristischen ein solches besonderes Theilungsgewebe entbehren und ihre sämmtlichen Zellen theilungsfähig erhalten. Die Farnprothallien sind gewöhnlich monoecisch, also zwitterig. Nun ist aber ein meristisches Farnprothallium allein im Stande, auch weibliche Geschlechtsorgane, Archegonien, zu erzeugen, während die ameristischen nur männliche, Antheridien, hervorbringen können. Daher werden die in der Regel vorkommenden meristischen Prothallien allein zwitterig sein können, die ameristischen aber immer eingeschlechtig, und zwar männlich. Werden Prothallien in ihren ersten Entwickelungsstadien unter für die Ernährung ungünstige Bedingungen gebracht, in dunkle Räume, oder in Boden, dem die genügende Nahrungsmenge fehlt, oder werden die Sporen zu dicht gesät, so werden sie ameristisch, daher auch gonochoristisch, männlich.

Aeussere Verhältnisse, welche eine energische Ernährung möglich machen, verursachen auch die Bildung eines besonderen Meristems; die Prothallien werden zwitterig (21). Wir sehen, in welcher engen Beziehung die Existenzbedingungen zum Auftreten des Hermaphroditismus und des Gonochorismus stehen, und dass auch hier ungünstige Ernährungsverhältnisse die Ausbildung der weiblichen Sexualzellen unterdrücken.

Für das andere Gesetz, welches der Abhängigkeit der Geschlechtselemente von der Aussenwelt entgegenwirkt, kann schon heut eine breitere Basis von Thatsachen aufgeführt werden. Die Verbreitung des Hermaphroditismus durch das Thierreich, in ihren grossen Zügen betrachtet, wird uns dieses Gesetz erkennen lassen.

Gehen wir in unserer Untersuchung vom Allgemeinen zum Einzelnen, von den grossen Abtheilungen des Thierreiches zu den kleinen Gruppen über. — Nehmen wir die von der Coelomtheorie geschaffene Dreitheilung an, so lehrt uns die Beobachtung der drei grossen Abtheilungen, dass diejenige, welche die höchst organisirten Formen einschliesst, die Enterocoelier, zur weitaus überwiegenden Mehrzahl gonochoristisch ist. Die Schizocoelier dagegen sind zum grösseren Theil Zwitter, während die meisten Coelenteraten wieder getrennt geschlechtlich sind. — Vergleichen wir nun innerhalb der Enterocoelier und der Pseudocoelier die einzelnen Phylen mit einander. Dieselben unterscheiden sich von einander durch die gegenseitige Lagerung der Organe, so dass auf Grund dessen allein nicht dem einen Stamm eine höhere Organisation, eine höhere Differenzirung zugeschrieben werden könnte, aber doch bedingt auch die Lage der constituirenden Elemente die Höhe der Differenzirung, insofern gewisse Modi derselben eine hohe Differenzirung von vornherein ausschliessen. Es werden daher die verschiedenen Stämme sehr wohl auf verschiedene Stufen der Differenzirung gestellt werden können, je nachdem ihre höchstentwickelten Formen höher oder niedriger differenzirt sind. — Dies vorausgeschickt, gehen wir an die vergleichende Untersuchung der einzelnen Phylen in Bezug auf das Vorkommen des Hermaphroditismus. Auch hier machen wir wieder die Beobachtung, dass die höchst organisirten Phylen der Enterocoelier wie die Vertebraten, Arthropoden, Echinodermen und Enteropneusten fast ausnahmslos getrennten Geschlechts sind, wogegen von den niedriger stehenden die Chaetognathen, Tunicaten und zum grösseren Theil die Anneliden Zwitter, die Nematoden

und Brachiopoden Gonochoristen sind. Mit einziger Ausnahme der Rotatorien ist auch bei den Pseudocoeliern derjenige Stamm der höchst organisirte, welcher die meisten Gonochoristen enthält — die Mollusken. Die übrigen beiden Pseudocoelierstämme, die Plathelminthen und Bryozoen, sind hermaphroditisch.

Betrachten wir nun in den Phylen, welche beide Erscheinungsweisen der Sexualität vereinigt enthalten, die einzelnen Gruppen auf deren Verbreitung hin. Ziemlich bunt und ohne Ordnung vertheilt erscheinen Hermaphroditismus und Gonochorismus bei den Coelenteraten. Getrennten Geschlechts sind die Physemarien, Spongien (zum grössten Theil), alle Craspedoten, Acraspeden, Siphonophoren, die Mehrzahl der Anthozoen. Zwitter sind nur wenige Schwämme, einige Anthozoen und alle Ctenophoren. — Ein anderes Aussehen in dieser Hinsicht bieten die Mollusken. Die am niedrigsten organisirte Gruppe, die Chitonen, ist zwar hier auch getrennten Geschlechts, ebenso auch meist die Lamellibranchier, doch sind die Gastropoden und Pteropoden zwitterig, und die höchst differenzirten Cephalopoden gonochoristisch. Ein anderer Stamm, der zwitterige und getrennt geschlechtliche Gruppen aufweist, sind die Anneliden. Die niedrig stehenden Abtheilungen dieser, die Hirudineen und die Oligochaeten sind Zwitter, die höchstorganisirten Polychaeten dagegen meist Gonochoristen. So sind auch die wenigen Zwitter der Arthropoden nur bei deren niederen Formen zu suchen, den Rhizocephalen, Cirripedien und den Tardigraden. Heben wir noch einmal aus diesen zuletzt betrachteten Reihen alle höchst differenzirten Formen heraus, die Acraspeden und Anthozoen, die Cephalopoden, die Polychaeten und die Hymenopteren, so sehen wir, dass alle diese getrennten Geschlechts sind.

Ob zwar in seinen Linien zum Theil sehr verwischt, tritt doch noch deutlich erkennbar uns hier das Gesetz entgegen, dass die höhere Differenzirung des Organismus in engem Causalzusammenhang mit der Trennung der Geschlechter steht. Die Spuren dieses Gesetzes werden durch das entgegengesetzt wirkende der Abhängigkeit der Sexualelemente von der Aussenwelt getrübt. Nach unserer Anschauung vom Verhältniss der Zeugungsstoffe zum Organismus war allerdings zu vermuthen, dass bei höherer Differenzirung und der infolge dessen steigenden Kraftleistung des Organismus nicht mehr alle Stoffe geliefert werden würden, welche zur Entwickelung der beiderlei Geschlechtszellen nöthig sind, doch ist uns

deren Natur noch zu sehr verborgen, als dass daraus ein zwingender Schluss abgeleitet werden konnte.

Wenn wir nun bei der Betrachtung einzelner Fälle zugleich untersuchen, welche Organsysteme es sind, die durch ihre höhere Differenzirung die Ausbildung beider Geschlechter in einem Individuum verhindern, so werden wir a priori annehmen dürfen, dass es hauptsächlich diejenigen sind, welche den grössten Kraftverbrauch, daher auch den bedeutendsten Stoffverlust veranlassen; dies ist vor allen das Muskelsystem. Da es in seiner Entwickelung mit zwei andern Organsystemen, dem Circulations- und dem Athmungssystem, sehr eng verknüpft ist, so wird die Differenzirungshöhe dieser in demselben antagonistischen Verhältniss zum Auftreten des Hermaphroditismus stehen. Prüfen wir nun noch die Gültigkeit des Gesetzes wie die Richtigkeit dieser besondern Consequenz an einzelnen Fällen.

Wir beginnen mit im allgemeinen schon erwähnten Gruppen. Wir haben vorhin gesehen, dass die Anneliden zum Theil hermaphroditisch, zum Theil gonochoristisch sind — zu den ersteren gehören lie Oligochaeten und ein geringer Theil der Polychaeten, zu den letzteren die grosse Masse dieser. Die Oligochaeten unterscheiden sich in ihrer Organisation von den Polychaeten, besonders den Errantien, durch ein weit geringer ausgebildetes Muskelsystem, ein einfacheres Blutgefässsystem und den Mangel besonderer Athmungsorgane. Innerhalb der Polychaeten wieder sind die Errantien getrennt geschlechtlich, ein Theil der Sedentarien aber zwitterig. Die zwitterigen Sedentarien haben ein unvollkommeneres Circulationssystem als diejenigen getrennten Geschlechts; bei jenen (den Serpuliden, Chaetopteriden, Ariciden) tritt auf einem grossen Theil der Blutbahn eine Mischung venösen und arteriellen Blutes ein, die bei den gonochoristischen Terebelliden auf eine weit geringere Strecke beschränkt ist (22).

Bei dieser Gelegenheit sei es uns gestattet, eine kurze Bemerkung über den Einfluss der festsitzenden Lebensweise auf die Ausbildung des Hermaphroditismus zu machen. Wir leugnen keineswegs, dass sie in gewisser Beziehung das Auftreten desselben zur Folge hat, aber nur insofern und dann, wenn sie den Organismus auf dem Stadium möglichst niedriger Differenzirung erhält oder ihn andern Falls auf dieses herabdrückt. Ist eine solche directe Wirkung der festsitzenden Lebensweise nicht vorhanden, so kann sie auch nicht das Erscheinen

des Hermaphroditismus veranlassen. Die Bestätigung dieser theoretischen Deduction giebt uns ein flüchtiger Blick auf die Geschlechtsverhältnisse der festsitzenden Thiere. Wir bemerken, dass die weitaus meisten Anthozoen, die Brachiopoden, ein grosser Theil der festsitzenden Anneliden getrennten Geschlechts, dass aber die Bryozoen, die rückgebildeten Ascidien, Rhizocephalen und zum Theil die Cirripedien Zwitter sind, und werden bei der nun folgenden Einzelbetrachtung verschiedener dieser Thiergruppen neue Beweise dafür finden.

Ein ganz bedeutender Abstand zeigt sich uns zwischen der Differenzirungshöhe der zwitterigen Cirripedien und der Rhizocephalen einerseits und der der übrigen Krebse anderseits. Besonders auffallend ist er aber auch hier in der verschieden hohen Ausbildung des Muskelsystems, während das bei den übrigen Krebsen schon hoch entwickelte Circulations- und das Athmungssystem überhaupt gänzlich fehlen. Ebenso unterscheiden sich auch die Tardigraden von den übrigen Gruppen der Arachnoideen durch ein einfacheres Muskelsystem, den Mangel jeglicher Blutgefässe und Respirationsorgane.

Noch ein Einzelfall bleibt anzuführen, der ganz schlagend beweist, wie gerade das Muskelsystem und die Ausbildung der beiderlei Zeugungsstoffe in einem sich gegenseitig ausschliessenden Verhältniss stehen. Die Actinien sind in der Mehrzahl getrennten Geschlechts und entwickeln ihre Geschlechtszellen aus dem Entoblast an den freien untern Rändern der Mesenterialfalten. Die Mesenterien selbst sind bekanntlich mit Längsmuskulatur versehen. Die Gruppe der Cerianthiden unter den Actinien ist aber hermaphroditisch und zeichnet sich zugleich ausser durch die Zahl und Anordnung der Septen durch die schwache Entwickelung jener Längsmuskulatur vor den gonochoristischen Actiniden und Edwardsien aus (16). So hat auch Hertwig an den craspedoten Medusen beobachtet, dass die Ringmuskulatur der Subumbrella überall abschneidet, wo die Genitalorgane sich befinden.

Haben wir so im Thierreich das Gesetz vom Causalzusammenhang der höheren Differenzirung des Organismus und der Trennung der Geschlechter inductiv zu begründen versucht und genauer klargestellt, mit welchem Organsystem das Auftreten des Hermaphroditismus in engerer Beziehung ist, so würde uns nun die Aufgabe bleiben, das Gleiche auch im Pflanzenreich zu thun. Wir haben schon im II. Capitel darauf hingewiesen, dass die Differenzirung des Pflanzenkörpers nie die Höhe des thierischen erreicht, dass demgemäss auch

die Arbeitstheilung weit weniger vollständig ist, und daher die pflanzliche Individualität eine lockerere Einheit darstellt als die thierische. Infolgedessen werden auch die wenig differenzirten Geschlechtszellen in die Arbeitstheilung eintreten können, sie werden selbst assimilationsfähiger bleiben und eine gewisse höhere Selbstständigkeit als die thierischen stets bewahren. Daher wird das Gesetz des Causalzusammenhanges der höheren Differenzirung und der Trennung der Geschlechter hier weit weniger wahrnehmbar in die Erscheinung treten können. Auf der anderen Seite ist der Pflanzenkörper bedeutend abhängiger von äusseren Existenzbedingungen als der thierische Organismus, also wird das Gesetz der Abhängigkeit der Geschlechtselemente von der Aussenwelt keineswegs an Wirkung einbüssen trotz der höheren Selbstständigkeit der Sexualzellen gegenüber dem Gesammtorganismus. Diese zwei Umstände werden eine auch nur einigermaassen klare Analyse des Pflanzenreiches auf die Aeusserungen unserer beiden Gesetze hin sehr erschweren, für heut sogar unmöglich machen. Wir werden eine solche Untersuchung mit Erfolg erst anstellen können, sobald wir experimentell einen Einblick in die Art der Abhängigkeit der Geschlechtszellen von der Aussenwelt wie von der Differenzirung des Organismus gewonnen haben, was übrigens bei den Pflanzen leichter zu erreichen ist als bei den Thieren.

Jene Gesetze haben in ewigem Wechselstreit das bunte Bild erzeugt, das uns heut die Verbreitung des Hermaphroditismus und des Gonochorismus weist. Unter Berücksichtigung der äusseren Lebensbedingungen wie der inneren Organisation werden wir mit ihrer Hülfe im Stande sein, wenn auch nicht heut, so doch in Zukunft für alle Fälle eine ausreichende Erklärung zu finden. Hierbei haben wir jedes Mal zwei Formen des Hermaphroditismus zu unterscheiden. Geht in der gesammten Lebewelt die Entwickelung der Organisation im Grossen und Ganzen von der Indifferenz zur Differenzirung vor sich, so werden wir nach unserem zweiten Gesetz für alle Formen eine ähnliche Entwicklung vom Zwitterthum zur Geschlechtstrennung annehmen und ein früheres Stadium des Hermaphroditismus für alle setzen können. Nun sind aber wieder verschiedene Factoren, wie die Gewöhnung an parasitische Lebensweise, thätig, um differenzirte Organismen zur Indifferenz zurückzuführen, also würde aus unserem Gesetz folgen, dass an Stelle des Gonochorismus dann wieder der Hermaphroditismus treten müsste. Auch das Gesetz der Abhängigkeit der Geschlechts-

zellen von der Aussenwelt wird, wo es zur Herrschaft gelangt, bald zwitterige Individuen in getrennt geschlechtliche, bald wieder letztere in Hermaphroditen umwandeln. Wir haben demnach zwei Arten von Hermaphroditismus zu trennen: ursprünglichen und abgeleiteten. Abgeleiteten Hermaphroditismus sehen wir sicher bei allen Zwittern vor uns, deren Vergleichung mit ihren nächsten gonochoristischen Verwandten sie als rückgebildete Organismen zeigt, so bei den Cirripedien, den Rhizocephalen und den Ascidien. Es tritt nun die Frage an uns heran, ob dieser aus beiden Geschlechtern der gonochoristischen Gruppen hervorgehen kann, oder nur aus einem und aus welchem? Wir würden diese Frage a priori dahin beantworten, dass wahrscheinlich die Zwitter aus weiblichen Individuen entstehen werden, denn das Weibchen kann eher die Fähigkeit der Spermabildung erlangen, als das Männchen Eier zu produciren vermag, weil doch zur Eibildung eine grössere Menge assimilirter Substanz nöthig ist als zur Spermaentwickelung, also als das Männchen absondern kann. Sowohl das Thierreich wie das Pflanzenreich weisen uns solche Uebergangsstadien auf, die geeignet sind, unseren Schluss zu bestätigen.

Einen derartigen Fall stellen die Lepadiden unter den Cirripedien dar. Diese vereinen in derselben Gattung gonochoristische und hermaphroditische Arten. Von besonderer Bedeutung sind hier für uns die Gattungen Ibla und Scalpellum, welche einen weitgehenden Sexualdimorphismus bei ihren gonochoristischen Arten zeigen. Die Weibchen sind im Verhältniss zu den Männchen riesenhaft gross, mit vollkommen ausgebildeten Cirren und entwickeltem Munde und Darmkanal versehen. Die zwerghaften Männchen sitzen meist zu mehreren innerhalb des Mantels des Weibchens, haben nur zwei Paar rudimentäre Rankenfüsse (Ibla Cumingii) oder sind an der äussern Oberfläche des Weibchens, am Scutum angeheftet, oder vielmehr in die äussere Haut eingesenkt, der Mund obliterirt, also einer selbstständigen Ernährung unfähig geworden (Scalpellum ornatum). Die Zwitterindividuen der hermaphroditischen Arten beider Gattungen (Ibla quadrivalvis und Scalpellum vulgare) sind mit der einzigen Ausnahme, dass sie männliche Geschlechtsorgane besitzen, gerade so gebaut wie die Weibchen der entsprechenden getrennt geschlechtlichen Arten. Doch auch hier kommen noch eingeschlechtige Individuen vor, und zwar jene Zwergmännchen, die fast ganz so organisirt wie die der gonochoristischen

Species sind und ebenso an den riesigen Zwittern ansitzen wie die letzterer an den Weibchen — sie werden von Darwin als „complemental males“ bezeichnet (23). Aus der Vergleichung der gonochoristischen Arten mit den hermaphroditischen ergiebt sich unzweifelhaft, dass die Zwitterindividuen dieser nur umgebildete Weibchen jener sind, welche die Fähigkeit der Spermabildung erworben haben, während die Zwergmännchen ihrerseits fast unverändert geblieben sind, im weiteren Verlauf der Entwicklung jedenfalls noch weiter rudimentär werden und aussterben werden. Wir möchten daher sie nicht mit Darwin als nothwendig für die vollständige Befruchtung der Eier der Zwitterindividuen und als unerlässlich für die Fortdauer der Art betrachten, zumal diese Hermaphroditen keineswegs kleine, unansehnliche, sondern beträchtlich entwickelte Hoden besitzen. Wie schon angedeutet, sind wir vielmehr geneigt, die sogenannten „complemental males“ im Leben der Art als ausser Function gesetzte Organe zu bezeichnen, die infolge dessen der Rückbildung immer mehr anheimfallen. — Man hat zuweilen schon versucht, umgekehrt den Befund bei den Cirripedien als eine Uebergangsstufe vom Hermaphroditismus zum Gonochorismus aufzufassen. Diese Ansicht ist aber völlig unvereinbar mit den vorliegenden Thatsachen. Denn tritt in einer zwittrigen Gruppe allmälig Trennung der Geschlechter ein, so ist das doch nur dadurch möglich, dass die einen Individuen derselben aufhören Sperma zu produciren, während bei den anderen die Eibildung unterbleibt. Die beiden Geschlechter werden sich daher in ihrer ersten Entstehung nur durch die geringere Ausbildung des einen und die stärkere Entwicklung des anderen Zeugungsstoffes unterscheiden. Ein solcher Dimorphismus aber, wie er sich bei den hermaphroditischen Arten von Ibla und Scalpellum zeigt, ist nach dieser Annahme gänzlich uneinsehbar, will man nicht zu den absurdesten Hypothesen greifen.

Wir werden erwarten können, weitere Uebergänge von der Trennung der Geschlechter zum Zwitterthum bei Gruppen zu finden, welche ihrer noch ziemlich hoch entwickelten Organisation nach sich erst seit verhältnissmässig kurzer Zeit an eine parasitische Lebensweise gewöhnt haben. Eine solche Gruppe sind die Nematoden. Noch wenig rückgebildet durch ihre schmarotzende Lebensweise, sind sie fast durchgängig noch gonochoristisch und lassen sogar einen ganz deutlichen Dimorphismus beider Geschlechter erkennen. Nur einige Zwitterarten kommen vor. Diese gleichen in ihrer äusseren Gestalt

wie ihrem inneren Bau den Weibchen der verwandten Arten, sie besitzen sogar nicht einmal männliche Geschlechtsorgane, sondern sind wie die Weibchen jener mit der kurzen Vagina versehen, welche in den langen mannigfach ausgezogenen Uterus mündet, der in den Eierstock führt, wo sich die Rhachis, die Ursprungsstätte der Eier befindet. Bei Pelodytes hermaphroditus (einer Leptoderaart) theilen sich die Zellen der unteren Keimsäulenregion, der Rhachis, zu Spermazellen, nach einiger Zeit hört die Spermatozoenbildung auf, und die Keimzellen werden von jetzt an nur noch zu Eiern. — Einen schlagenden Beweis für unseren vorhin gemachten Schluss wie überhaupt für die Entstehung des Hermaphroditismus infolge der durch Parasitismus verursachten Rückbildung liefert Ascaris nigrovenosa. Bei diesem wird der Zeugungskreis von zwei verschiedenen actuellen Bionten repräsentirt, deren eines in den Lungen unserer Batrachier schmarotzt und zwitterig ist, während das zweite freilebende Geschlechtstrennung aufweist. Die Individuen der hermaphroditischen Generation besitzen wieder nur weibliche Geschlechtsorgane: Eileiter, Uterus sind deutlich sichtbar, eine Vagina fehlt, die Vulva ist ein breiter Spalt. (24.)

Noch ein Beispiel für die Entstehung des Zwitterthums aus der Geschlechtstrennung bleibt uns aus dem Pflanzenreich anzuführen, welches mit unumstösslicher Gewissheit darthut, dass die weiblichen Individuen das Bindeglied sind, mittelst dessen der Hermaphroditismus aus dem Gonochorismus hervorgeht. Die Prothallien der Schachtelhalme sind gewöhnlich getrennten Geschlechts, dioecisch. Zuweilen jedoch bilden sich auch monoecische Individuen, indem die ameristischen Verzweigungen eines meristischen weiblichen Prothalliums Antheridien entwickeln. Von diesem Augenblick an hört die weitere Ausbildung der vorhandenen Archegonien auf, auch neue entstehen nicht mehr. An männlichen Prothallien dagegen wurde noch nicht die Entwicklung von Archegonien beobachtet. (21.)

Haben wir so das Verhältniss der beiden Erscheinungsweisen der Sexualität zu einander von verschiedenen Seiten beleuchtet, so ist noch die viel ventilirte Frage von der Priorität des Hermaphroditismus oder des Gonochorismus zu erörtern. Auf Grund des Gesetzes der Abhängigkeit der Geschlechtszellen von der Aussenwelt werden wir bei unserer Stellungnahme uns keineswegs von den Befunden bei den nächsten Verwandten der Metazoenstammform, den Gastraeaden, be-

stimmen lassen dürfen. Nur grosse umfassende Erscheinungsreihen können hier maassgebend sein.

Wir sehen in allen Lebereichen im allgemeinen die Entwicklung von der Indifferenz der Differenzirung zustreben, und nach dem von uns aufgestellten Gesetz des Causalzusammenhanges der Geschlechtstrennung und der höheren Differenzirung können wir eine gleiche Entwickelung von dem Hermaphroditismus zum Gonochorismus annehmen. Daher werden wir für die ursprünglichste Metazoen- wie Pflanzenform den Zwitterzustand voraussetzen dürfen. Allerdings wirkt von je diesem Gesetz das andere der Abhängigkeit der Sexualelemente von der Aussenwelt entgegen. Nach dem Bild jedoch, das wir auf Grund der Hertwigschen Untersuchungen von jenem Urmetazoon entwarfen, konnte bei diesem nur eine sehr geringe Differenzirung angenommen werden, sämmtliche Zellen beider Keimblätter waren noch fähig, sich zu irgend einem der beiden Zeugungsstoffe zu entwickeln. Daher wird die Abhängigkeit dieser vom Gesammtorganismus, seinem Assimilationszustand, eine minimale gewesen sein, die Geschlechtszellen werden fähig gewesen sein bis zu einem gewissen Grade durch eigene Assimilationsthätigkeit zu wachsen. Also konnte auch die Wirksamkeit des Gesetzes der Abhängigkeit der Sexualelemente von der Aussenwelt nie so stark werden, um die Resultate des anderen Gesetzes wesentlich zu stören und zu modificiren. *Wir dürfen so von unserem jetzigen Standpunkt mit einiger Wahrscheinlichkeit annehmen, dass die Metazoenstammform wie die erste Pflanze mit ausgebildeter Sexualität Hermaphroditen gewesen sind.*

Hier könnte Jemand einwerfen: es leuchtet allerdings ein, dass die Abhängigkeit der Geschlechtsproducte von der Assimilation des Gesammtorganismus bei jenen Urformen fast gleich Null gesetzt werden muss, doch bleibt deshalb das Gesetz der Abhängigkeit der Sexualelemente von der Aussenwelt hier nicht weniger in Kraft, denn dann ist eben *jede* Geschlechtszelle in ihrer *selbstständigen* Assimilation, also auch in *ihrer Ausbildung* **unmittelbar** den äusseren Bedingungen unterworfen. Dies muss natürlich zugegeben werden, aber es spricht noch keineswegs gegen unseren Schluss. Denn es ist eben in jenen lockeren, obschon individualisirten, Zellverbänden *jede Zelle für sich allein* in ihrer Assimilation von der Aussenwelt abhängig, hat ihre eigenen Existenzbedingungen, die von denen der andern Zellen

im Organismus sehr verschieden sein können. So werden beispielsweise die am Urmund der Gastraea sitzenden Zellen unter weit günstigeren Ernährungsverhältnissen gewesen sein als die davon entfernteren, die vielleicht gar oft Mangel litten, und angenommen, auch hier brächte stärkere Ernährung weibliche Elemente hervor, werden jene zu Eiern geworden sein, während diese Sperma lieferten. Es kann die Aussenwelt auf den Geschlechtszustand des Gesammtorganismus als Einheit hier von keinem Einfluss sein — und darauf kommt es an. Somit bleibt unser Schluss von der Priorität des Zwitterthums nach wie vor bestehen.

Hiermit erachten wir jedoch die Erörterung dieses Problems keineswegs für abgeschlossen, erst wenn die Wirkungsweise unserer beiden Gesetze genauer erforscht sein wird, wird auch diese Streitfrage spruchreif sein, für heut ist sie es noch nicht. Wir möchten aber noch besonders hervorheben, dass diese Art der Behandlung des Problems uns als die einzig wissenschaftliche erscheint, und daher allein einst zum Ziele führen kann.

IV.

Parthenogenesis.

Wenn wir es unternehmen, einen Erklärungsversuch dieser merkwürdigen Erscheinungsreihen zu geben, so sind wir uns der Schwierigkeiten, die damit verknüpft sind, sehr wohl bewusst. Wir thun es auch nur in der Hoffnung, durch unsere Betrachtung künftige Untersuchungen auf einen Punkt hinzulenken, welcher unserer Ueberzeugung nach die wichtigsten Aufschlüsse über das Wesen der Parthenogenesis zu gewähren vermag.

Es ist aus dem zu Eingang des II. Capitels Gesagten zu verstehen, wie es möglich war, dass unter allen neueren Beobachtungen der gesammten Biologie gerade die der Jungfernzeugung am allerhartnäckigsten angefochten wurde. Als aber die Bestätigungen jener Angaben sich je länger desto mehr häuften, musste man darauf sinnen, die scheinbar so paradoxe Thatsache mit den übrigen Anschauungen zu vereinigen, beziehungsweise diese nach jener umzugestalten. Doch erst Darwins Lehre der natürlichen Zuchtwahl konnte uns den Weg zu einem wirklichen Verständniss auch dieser seltsamen Erscheinung eröffnen. Man nahm nun an, dass durch irgend welche unbekannte Ursache die Männchen der parthenogenetischen Arten allmälig rückgebildet wurden, so dass nur diejenigen Weibchen Nachkommen hinterlassen konnten, welche sich jenem Mangel anpassten. Bei denselben also musste nothwendigerweise eine Modification des Eies vorausgesetzt werden, infolge deren es zu seiner Entwicklung der Befruchtung durch das Sperma nicht bedurfte. So weit uns bekannt, ist dies die Grenze unserer gegenwärtigen Erklärungen gewesen; nur selten wurde ein Versuch gemacht, die Frage zu beantworten: **Wie** ist es aus den Eigenthümlichkeiten des Eies der parthenogenetischen Weibchen heraus begreifbar, dass dasselbe sich ohne

Befruchtung entwickeln kann? Dieses Problem ist es, dessen Lösung wir hier hauptsächlich anstreben.

Zunächst werden wir nach den Eigenthümlichkeiten der parthenogenetischen Eier gegenüber den befruchtungsbedürftigen zu forschen haben, welchen Zweck wir durch eine vergleichende Betrachtung der Entwicklung beider erreichen werden. Dabei werden wir uns auf die Gruppe beschränken, welche die meisten Fälle von Jungfernzeugung aufweist — die Arthropoden, die daher auch in jener Richtung am häufigsten untersucht worden sind. Leider sind, wie wir sehen werden, die wenigen derartigen Arbeiten zum Theil ziemlich lückenhaft, und so muss es noch künftigen Beobachtungen vorbehalten bleiben, unsere Schlüsse zur Gewissheit zu erheben.

Wir stellen zuerst die Entwicklung der Sexualdrüsen der befruchtungsbedürftigen Weibchen dar von allen den Arthropoden — und besonders Insektenabtheilungen, über welche uns Untersuchungen vorliegen.

Bei den Musciden fehlt jede Angabe über die ersten Entwicklungsstadien der Ovarien. Wir wissen nur, dass diese schon während des embryonalen Lebens angelegt und in der Larve die Eiröhren herausgebildet werden. Doch ist beim Verlassen der Puppe noch kein einziges Ei im Fliegenkörper gebildet. Spät erst entsteht unter den Keimzellen der Gegensatz zwischen dem am Grunde des Faches liegenden Ei und den Dotterbildungszellen (17).

Besser unterrichtet sind wir über ein anderes Dipter, Corethra plumicornis. Hier werden die Geschlechtsorgane ebenfalls schon im Ei angelegt, doch ist das Stadium auch nicht genauer bekannt. An Larven, die soeben das Ei verlassen haben, sind sie als kleine rundliche Zellhäufchen mit wenigen constituirenden Elementen zu erkennen; ein sichtbarer Geschlechtsunterschied besteht auf dieser Stufe noch nicht. Derselbe ist erst nach der vierten Häutung zu bemerken. Die Eierstöcke sind nun höckerige spindelförmige Gebilde, die aus einer ziemlichen Anzahl grosser Zellen bestehen. Diese vermehren sich lange Zeit, ohne eine bestimmte Anordnung anzunehmen, erst wenn sehr viele Zellen entstanden sind, geht die Bildung der Ovariolen vor sich (25).

Von den Hymenopteren scheint in Rücksicht auf die Genese der Eierstöcke Platygaster am besten erforscht zu sein. Die Larve des ersten Stadiums ist segmentirt, mit äussern Anhängen versehen und

cyclopsähnlich. Sie besitzt einen geschlossenen Verdauungssack und eine stark ausgebildete Muskulatur. Die erste Anlage der Sexualdrüsen zeigt sich erst beim Uebergang zum zweiten Larvenstadium. In dieser Zeit sollen im Abdomen befindliche Hypodermiszellen den Darm umwachsen und den sogenannten Keimstreif bilden, aus dessen verdicktem Ende die Geschlechtsorgane hervorgehen als paarige von einander getrennte Anlagen. Erst in der Puppe aber ist der Geschlechtsunterschied zu erkennen, indem sich nun die Eicylinder entwickeln. Bis zu dreissig Ovariolen können sich in jedem Eierstock bilden und in jeder derselben entsteht gleichzeitig das erste Ei (26).

Die genaueste, leider aber auch noch unvollständige Kenntniss haben wir von der Entwicklung der befruchtungsbedürftigen Eier der Lepidopteren. Die jüngsten Stadien blieben auch hier unbeobachtet, doch findet die Anlage im Ei statt. Auf dem ersten untersuchten Stadium finden sich zwei Zellhaufen, deren jeder von einer Membran umhüllt ist. Der spätere Ausführgang wird von einer einfachen Zellreihe angedeutet. Später sondern sich jene Zellhaufen in je vier ellipsoide Körper, die sich einzeln mit einer besonderen Membran umgeben. In den Zellen entstehen Tochterzellen, welche dann eine zweite Zellengeneration in sich entstehen lassen. Die nicht in die vier ellipsoiden Zellhäufchen (Ovariolen) aufgenommenen Zellen lagern sich auf jedem derselben in doppelter Schichtung auf. Nun erfolgt noch innerhalb der Eiröhren die Differenzirung in Eizellen und Dotterbildungszellen, auch bildet sich der Ausführgang zu seiner definitiven Gestalt aus (18).

Betrachten wir nun die Bildung der parthenogenetischen Eier.

Die zahlreichsten Untersuchungen über diesen Gegenstand sind an den Aphiden angestellt worden. Wir beschränken uns auf die Darstellung der beiden ausführlichsten Beobachtungen. — Nachdem das jedenfalls der Blastula entsprechende Stadium erreicht ist, auf welchem der Embryo infolge superficialer Furchung eine Zellhohlkugel darstellt, die innen von Dottermasse ausgefüllt ist, bildet sich an einem Ende des Eies eine solide Zellwucherung nach innen, der sogenannte Keimhügel. Von diesem schnürt sich ein Theil als der „grüne (secundäre) Dotter“ ab. Hierauf löst sich noch ein zweiter Theil los, der „Genitalhügel,“ der gerade so zusammengesetzt ist wie der Keimhügel. Diese Anlage der Geschlechtsorgane erhält sich durch die ganze Entwicklungsperiode hindurch, während welcher Mund und Gliedmassen

bereits auftreten, unverändert. Erst in der Periode der definitiven Ausbildung des Embryo vermehren sich die Genitalzellen, die Anlage nimmt Hufeisengestalt an und lagert sich symmetrisch. Die Zellen derselben schliessen sich zu rosettenförmigen Gruppen zusammen, deren meist zehn entstehen. Nun theilt sich die Anlage in zwei symmetrische Hälften, die einzelnen Rosetten werden frei, ihre äusseren Zellen platten sich ab, die inneren verharren in der ursprünglichen Form. Von jeder Rosette wird durch Zelltheilung nach hinten ein kurzer Ausführgang gebildet. Dieselben vereinigen sich jederseits zu einem einzigen Canal, worauf die unterste innere Zelle jeder Rosette sich zum ersten Ei entwickelt (27).

Diese Schilderung von der Bildung des Eies der viviparen Aphiden wird im wesentlichen von anderer Seite bestätigt, aber im Gegensatz dazu angegeben, dass die erste Anlage des Ovariums der Bildung des Embryos, also auch der Gastrulaeinstülpung, vorausgehe (28).

Noch haben wir hinzuzufügen, dass die parthenogenetischen Eier der Aphiden weniger different von den Keimzellen des Keimfaches, aus denen sie doch entstehen, sein sollen, als die befruchtungsbedürftigen Wintereier (29).

Sehr genau ist die Eibildung der paedogenetischen Cecidomyialarve untersucht. Nachdem sich hier das Keimbläschen in 12 bis 15 Tochterkerne getheilt hat, rückt einer dieser an den einen Eipol, wird von besonders dunkelkörniger Dottermasse umhüllt und schnürt sich mit dieser als selbstständige Zelle ab (Polzelle). Noch vor der vollständigen Trennung dieser von der Mutterzelle, wandern die übrigen Tochterkerne des Keimbläschens nach der Oberfläche des Eies, nachdem sie sich mit je einer homogenen Plasmaschicht umgeben und so Furchungszellen gebildet haben. Jetzt zerfällt durch succedane Zweitheilung die Polzelle in vier Tochterzellen, während die Oberflächenzellen des Eies ebenfalls eine Menge cylindrischer Furchungszellen liefern. Lange Zeit hindurch weisen die vier Polzellen keinerlei Veränderung auf, und auf einem Stadium, wo schon viele äussere und innere Organe ausgebildet sind, rücken sie nur zu zwei Gruppen auseinander. Später wird jede von diesen beiden in eine Hülle von anderen Embryonalzellen eingebettet, aus welchen auch der Ausführgang der Geschlechtsorgane entsteht, noch immer aber haben die Polzellen, die Geschlechtsanlagen selbst, keine Veränderung erlitten. Erst an älteren Embryonen war eine Theilung der Polzellen in mehrere Derivate

zu constatiren. Diese bilden sich in der ausgeschlüpften Larve zu den Eiern und den Dotterbildungszellen um (27).

Aehnlich verhält sich der Eibildungsprozess bei der ebenfalls paedogenetischen Chironomuslarve. Nachdem das Keimbläschen in zwei Tochterkerne zerfallen ist, sondert sich an der Eioberfläche eine homogene Plasmaschicht ab, der sogenannte Bildungsdotter. Dann wird am untern Eipol ein Kern sichtbar, der wohl höchstwahrscheinlich ein Theilungsderivat einer der beiden Tochterkerne des Keimbläschens ist. Dieser umgiebt sich mit einem Theil des Bildungsdotters, und bildet so eine selbstständige Zelle, die Polzelle. Dieselbe theilt sich wie bei Cecidomyia alsbald in vier Tochterzellen. Während der Entstehung der Polzelle tauchen in der Bildungsdotterschicht zahlreiche Kerne auf, um jeden grenzt sich ein Theil des Plasma ab, während zugleich diese Theilproducte der ersten beiden Tochterkerne sich weiter vermehren. Mit dem Auftreten der primitiven Schwanzfurche scheiden sich die Polzellen in zwei Gruppen, die an die beiden Seiten des Eies wandern. Später wird jede von ihnen von einer Menge anderer Embryonalzellen umhüllt, dann tritt in allen vier Polzellen eine Zweitheilung ein, und jedes Theilproduct wird für sich von einer Embryonalzellenhülle umgeben. Jedes so eingeschlossene Polzellenderivat streckt sich nun in die Länge, an beiden Enden entsteht durch Theilung der oberflächlichen Zellen je ein Zellfaden; deren einer zum Ausführungsgang wird, während der andere zur Anheftung des ganzen Gebildes dient. Die der Hauptzelle noch anliegenden Embryonalzellen scheiden nach aussen eine Membran aus und werden zu einem Epithel. Jedes dieser acht Gebilde stellt eine fertige Eiröhre dar, die innere grosse der Polzelle entstammende Zelle bleibt ungetheilt und wird zum Ei (30).

Es bleibt uns noch die Bildung der Cladocereneier zu betrachten, die sich den Sommer hindurch auch unbefruchtet entwickeln. Hier haben Untersuchungen über Moina rectirostris ziemlich genügende Ergebnisse geliefert. Die erste Anlage der Sexualdrüsen ist schon auf dem siebzehnzelligen Furchungsstadium wahrnehmbar als eine grosse vor den andern durch ihr grobkörniges Aussehen ausgezeichnete Zelle. Im Gastrulastadium ist jene Anlage schon vierzellig geworden, liegt am Gastrulamund zuerst im Ectoblast, um dann aus diesem an das Entoblast zu wandern. Dann entstehen durch Zweitheilung acht Zellen, später noch mehr, und diese ordnen sich zunächst zu einem dreieckigen

Gebilde, das später länglich und quer gelagert wird. Es gelangt inzwischen auch in die dorsale Körperregion. Nun trennt sich die Anlage in zwei Hälften, welche seitlich herunterrücken, so dass die Genitalorgane endlich paarig und lateral werden. Die weitere Entwicklung wurde bei Moina paradoxa beobachtet, wo die bis auf jenes Stadium ausgebildete Anlage von Mesoblastzellen umgeben wird. Die Sexualdrüsen wandern allmälig weiter nach hinten, und die hintersten kleinsten Zellen derselben werden zum Keimstock, während die anderen sich sogleich zu reifen Eiern entwickeln (31).

Was ist nun den Gliedern jeder dieser beiden Erscheinungsreihen gemeinsam und unterscheidet die der ersten von denen der zweiten? Die Bildung der parthenogenetischen Geschlechtsdrüsen geht schon sehr frühzeitig vor sich, auf den ersten Furchungsstadien oder sogar noch vor diesen (Cecidomyia, Chironomus). Die ersten Anlagen der Ovarien der befruchtungsbedürftigen Weibchen sind mit Ausnahme von Platygaster, wo sie erst sehr spät auftreten, nicht beobachtet worden, doch weiss man, dass sie sonst alle im Ei schon entstehen. Diese unvollständigen Angaben können ihren Grund wohl kaum in mangelhaften Beobachtungsmethoden haben, wenn man die merkwürdige Thatsache genügend berücksichtigt, dass sie allen Untersuchungen zukommen, welche auf die ersten Stadien der sich bereits im Ei entwickelnden Sexualdrüsen befruchtungsbedürftiger Arten gerichtet waren, während wir andererseits über die ebenfalls schon im Ei erscheinenden ersten Anlagen der Sexualorgane parthenogenetischer Weibchen ziemlich genau unterrichtet sind. Es muss daher dieser Umstand als aus der Natur der Sache selbst hervorgehend betrachtet werden. Auch kann unsere unvollkommene Kenntniss der Entwicklungsstadien im Ei schwerlich dem Vorhandensein grosser Mengen Reservestoffe zugeschrieben werden, welche etwa die Vorgänge am Embryo verdecken, denn gerade von den Cladoceren, welche wohl die grösste Masse solcher Stoffe im Ei führen, kennen wir die ersten Anlagen der Geschlechtsorgane sehr genau. Ebensowenig ist als Ursache dieses Umstandes die zu schnelle Entwicklung im Ei anzunehmen, da doch die rasche Ausbildung des viviparen Aphidenembryo durch fast alle Stufen hindurch verfolgt wurde. Es bleibt daher nur zu vermuthen, dass die erste Entstehung der Sexualdrüsen der befruchtungsbedürftigen Weibchen im Ei zu einer Zeit stattfindet, wenn schon manche Organe im Embryo ausgebildet

sind, welche jene verdecken, worauf auch die späte Ausbildung der Muscideneier hindeutet.

Ferner fällt uns auf, dass die Geschlechtsanlagen im Verlauf ihrer Entwicklung bei den befruchtungsbedürftigen Weibchen eine bedeutend grössere Anzahl Theilungen erleiden als bei den parthenogenetischen. Man vergleiche nur die Genese der Sexualdrüsen der Lepidopteren und von Corethra mit der bei Chironomus, Cecidomyia und den Aphiden.

Welche Wirkung auf die Natur der parthenogenetischen Eier können nun diese Eigenthümlichkeiten ihrer Bildung haben? Die frühe Abtrennung der Sexualanlage vom Ei, ehe noch in diesem irgend eine Differenzirung eingetreten ist, kann allein zur Folge haben, dass die Geschlechtselemente, die Eier, der nächsten Generation von Anfang an indifferent, daher auch selbstständiger Assimilation, selbstständigen Wachsthums fähig sein werden. Sie werden auch gegenüber dem sich erst später differenzirenden Embryo stets eine grosse Selbstständigkeit bewahren. Die lange Zeit jedoch, während welcher sie bis zur Erreichung der Individualitätsgrenze in materiellem Zusammenhang mit dem Gesammtorganismus stehen, wird allmälig auch differenzirend auf sie einwirken, so dass sie in der letzten Periode ihres Wachsthums der selbstständigen Ernährung unfähig werden würden. Diese Zeit bis zum Ueberschreiten des individuellen Maasses wird aber dadurch verkürzt, dass, wie es bei Chironomus besonders wahrnehmbar ist, die Zahl der Zelltheilungen in den Geschlechtsanlagen verringert wird, so dass von vornherein die Eier der Individualitätsgrenze näher stehen und diese durch blosse eigene Assimilation erreichen können. Hiermit ist die Nothwendigkeit der Befruchtung für die Entwicklung des Eies beseitigt, die nach unserer im II. Capitel entwickelten Anschauung hauptsächlich die Herstellung der Indifferenz und somit der eigenen Wachsthumsfähigkeit des Eies ist.

Mit dieser unserer Auffassung der Parthenogenese finden wir die vorliegenden Beobachtungen in erfreulichem Zusammenklang. Es ist uns nun die ununterbrochene Embryonalentwicklung der parthenogenetischen Arten erklärlich, welche das Ei in fortdauerndem gleichmässig schnellen Wachsthum von seiner ersten Entstehung an zeigen, so dass in Furchung begriffene Eier zuweilen schon in den Sexual-

drüsen von Embryonen auftreten. Auch der Umstand, dass die parthenogenetischen Eier keine Richtungskörper ausstossen, giebt unserer Ansicht eine neue Bestätigung, denn wie eben erwähnt, tritt hier nicht nach langer Stagnation wie bei der Befruchtung ein plötzliches rapides Wachsthum ein, das natürlich einen ebenso energischen Stoffwechsel voraussetzt, sondern dasselbe findet ununterbrochen statt, daher ebenso der Stoffwechsel, welcher infolge dessen jenen heftigen Charakter verliert. Unsere Auffassung wird auch nicht im geringsten durch die Beobachtung erschüttert, dass wahrscheinlich in den meisten Fällen die Entwicklung der Sexualdrüsen bei den alternirenden parthenogenetischen und befruchtungsbedürftigen Generationen einer Art dieselbe ist. Denn wir sehen, dass wohl bei allen solchen befruchtungsbedürftigen Generationen unter günstigen Existenzbedingungen die Eier auch unbefruchtet sich entwickeln können, was doch auf eine wesentlich gleiche Bildung und Natur für beiderlei Ovarien schliessen lässt. Man kann sich von unserem Standpunkt die Nothwendigkeit der Befruchtung bei diesen Generationen infolge der ungünstigen Ernährungsverhältnisse sehr wohl erklären, indem durch letztere die Schnelligkeit der Assimilation durch das selbstständige indifferente Eiplasma und daher auch die Geschwindigkeit des Wachsthums bedeutend herabgedrückt wird, so dass die Zeit bis zur Erreichung der Individualitätsgrenze wieder verlängert wird und so das Eiplasma allmälig wieder differenzirt und der eigenen Ernährung unfähig wird. In ganz schlagender Weise wird diese aus unserer Auffassung fliessende Erklärung durch die Beobachtung bewiesen, dass, wenn man aus dem vollkommen ausgebildeten Imago von Chironomus die sonst der Befruchtung unterworfenen (Winter-) Eier herausnimmt und in Wasser aufbewahrt, sie sich unbefruchtet auch entwickeln, nur bedürfen sie einer doppelt so langen Zeit (nämlich 6 Tage anstatt 3), und oft treten dabei auch Perioden des gänzlichen Wachsthumsstillstandes ein (30). Durch die zu geringe Nahrungsmenge und zu niedere Temperatur wird das Wachsthum der Eier der Chironomuslarve im Herbst verlangsamt, so dass diese inzwischen zum Imago heranwächst und während dieser Zeit die Eier eine allerdings sehr geringe Differenzirung erwerben, so dass sie aus dem Organismus entfernt und in günstigere Bedingungen gebracht nur langsam die Individualitätsgrenze überschreiten, in diesem belassen aber noch höher differenzirt werden und dann zu ihrer Entwicklung die Befruchtung erfordern.

Unsere Anschauung von der Parthenogenese verbindet dieselbe aufs schönste mit scheinbar ihr gänzlich fern stehenden merkwürdigen Erscheinungen der Thierwelt, so eine durch die andere erklärend. Denn welcher Unterschied in ihrem Wesen besteht noch von unserem Standpunkt zwischen der Jungfernzeugung der Arthropoden und der Entwicklung der Theilstücke der Blastula von Crystallodes zu eignen Individuen, wie sie Haeckel beobachtete? Beide Male werden noch fast ganz indifferente Theile vom Gesammtorganismus abgetrennt und treten eine selbstständige Entwicklung an. Würde unsere Auffassung der Parthenogenese dieselbe unbegreiflich lassen, um wie viel unbegreiflicher müsste Haeckels Experiment an den vollkommen ausgebildeten Thaumantiaden erscheinen, wo ein einziger abgelöster Tentakel, an welchem nur noch ein kleines Stück des Medusenschirmes vorhanden war, sich wieder zur entwickelten Meduse heranbildete? — Wir schauen hier wieder die alte ewig wunderbare Weise der Natur, die dem ersten Anblick tausend mannigfaltige Bilder weist, um sie der genaueren Betrachtung in e i n e grosse Harmonie aufzulösen.

Wir hätten uns nun genauer phylogenetisch die Entstehung der Parthenogenese so vorzustellen, dass während des allmäligen Verschwindens der Männchen der betreffenden Arten infolge unbekannter Ursachen bei einigen Weibchen die Abschnürung der Geschlechtszellen während der embryonalen Entwicklung verfrüht wurde, und spätere Theilungen derselben nur selten noch eintraten. Auf diese Weise wurden sie instand gesetzt, Eier zu produciren, die sich unbefruchtet entwickelten.

Wir möchten hier nochmals darauf hinweisen, dass wir unsere Anschauung der Parthenogenese noch als blosse Vermuthung betrachten, da ein grosser Theil ihres empirischen Fundaments noch fehlt, nämlich der Nachweis, dass die Sexualzellen der befruchtungsbedürftigen Arten sich später loslösen als die der parthenogenetischen. Wir hoffen aber, dass unsere Vermuthung sich einst als mehr denn eine solche nur erweisen wird.

V.

Literatur.

1. Nägeli und Schwendener: Das Mikroskop. II. Aufl. 1877.
2. Haeckel: Generelle Morphologie der Organismen. II. Bd. 1866.
2. Leuckart: Artikel „Zeugung" in Wagners Handwörterbuch der Physiologie.
4. E. van Beneden: De la distinction originelle du testicle et de l'ovaire. Bruxelles 1874.
5. O. und R. Hertwig: Die Coelomtheorie. Jena 1881.
6. Alex. Braun: Betrachtungen über die Erscheinung der Verjüngung in der Natur. Leipzig 1851.
7. Bütschli: Studien über die ersten Entwicklungsvorgänge der Eizelle, die Zelltheilung und die Conjugation der Infusorien. Abhd. der Senkenbg. naturf. Gesellsch. Frankfurt 1876.
8. Falkenberg: Die Algen im weitesten Sinne. Schenks Handbuch der Botanik, II. Breslau 1881.
9. de Bary: Untersuchungen über die Familie der Conjugaten. Leipzig 1858.
10. Haeckel: Studien über Moneren und andere Protisten. Biolog. Studien, I. Heft. 1870.
11. Cienkowsky: Das Plasmodium. Pringsheims Jahrbücher f. wissensch. Botanik. III. Bd. 1863.
12. Bütschli: Die Protozoen. Bronns Classen und Ordnungen des Thierreichs. 1882.
13. Cienkowsky: Ueber Noctiluca miliaris. Arch. f. mikr. Anat. VII. u. IX. 1871 u. 1873.
14. Hertwig und Lesser: Ueber Rhizopoden etc. Arch. f. mikr. Anat. X. Suppl. 1874.
15. Claparède und Lachmann: Études sur les Infusoires et les Rhizopodes. Genf 1858—1861.

16. O. und R. Hertwig: Die Actinien. Jenaische Zeitschr. f. Medicin und Naturwissensch. XIII. Bd. 1879.
17. Weissmann: Die nachembryonale Entwicklg. der Musciden. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. XIV. 1864.
18. Bessels: Stud. über d. Entwicklg. der Sexualdrüsen bei den Lepidopteren. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. XVII. 1867.
19. Bertkau: Ueber den Generationsapparat der Araneiden. Arch. f. Naturgeschichte XLI. 1875.
20. Kurz: Ueber androgyne Missbildg. bei Cladoceren. Sitzungsber. der math.-naturw. Classe d. kaiserl. Akad. d. Wissensch. Wien 1874.
21. Sadebeck: Die Gefässkryptogamen. Schenk Handb. d. Botanik. I. 1879.
22. Claparède: Recherches sur la structure des Annélides sédentaires. Genf 1873.
23. Charles Darwin: A monograph on the sub-class Cirripedia. I. The Lepadidae. — The Ray Society. London 1851.
24. Schneider: Monographie der Nematoden. Berlin 1866.
25. Weissmann: Die Metamorphose der Corethra plumicornis. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. XVI. 1866.
26. Ganin: Beitrag zur Erkenntniss der Entwicklungsgesch. bei den Insecten. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. XIX. 1869.
27. Metschnikoff: Embryologische Studien an Insecten. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. XVI. 1866.
28. Balbiani: Mémoire sur la génération des Aphides. Annales des sciences naturelles. V. série. Zoologie. T. XV. Paris 1872.
29. Claus: Beobachtungen über die Bildung des Insecteneies. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. XIV. 1864.
30. Grimm: Die ungeschlechtl. Fortpflanzung einer Chironomusart etc. Mémoires de l'académie imp. des scienc. de St. Pétersbourg. VII. série. T. XV. 1870.
31. Grobben: Entwicklungsgesch. der Moina rectirostris. Arb. d. zool. Instituts der Univ. Wien. II. Bd. 1879.

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Simon, Ferdinand

Die Sexualität und ihre Erscheinungsweisen in der Natur Versuch einer kritischen Erklärung

Breslau 1883

H.nat. 424 p
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11621155-5